





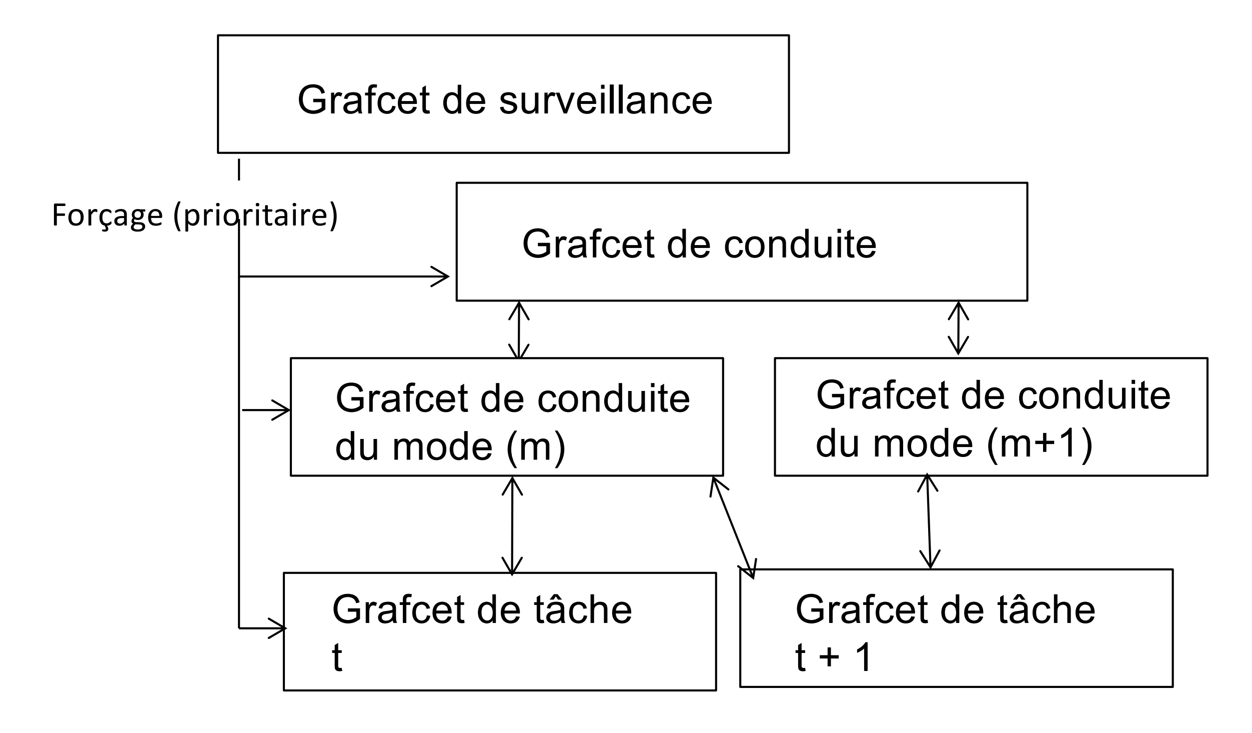
Mme Asmae EL GHADOUALI. Ing. Ph.D

Filière : 2AP

2024/2025

Dialogues entre grafcets

Le **grafcet de surveillance** est chargé d'autoriser ou non le fonctionnement du cycle de production.
Le **grafcet de conduite** gère les modes de marches et d'arrêt (GEMMA) et assure l'unicité de mode (un seul mode à la fois doit être actif).
Chaque mode peut ensuite être décrit par un grafcet spécifique, le **Grafcet de commande**.
Des tâches subalternes peuvent être définies par des grafcets de tâches de niveaux inférieurs.
Les dialogues entre ces grafcets se font que verticalement. Du haut vers le bas, ce sont des Ordres, du bas vers le haut, des comptes-rendus

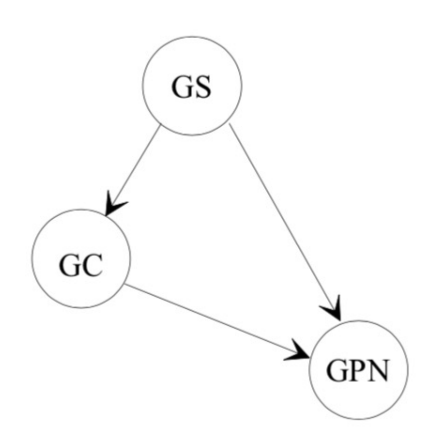


Le Grafcet



Exemple

Soit un système de production piloté par trois grafcets hiérarchisés :



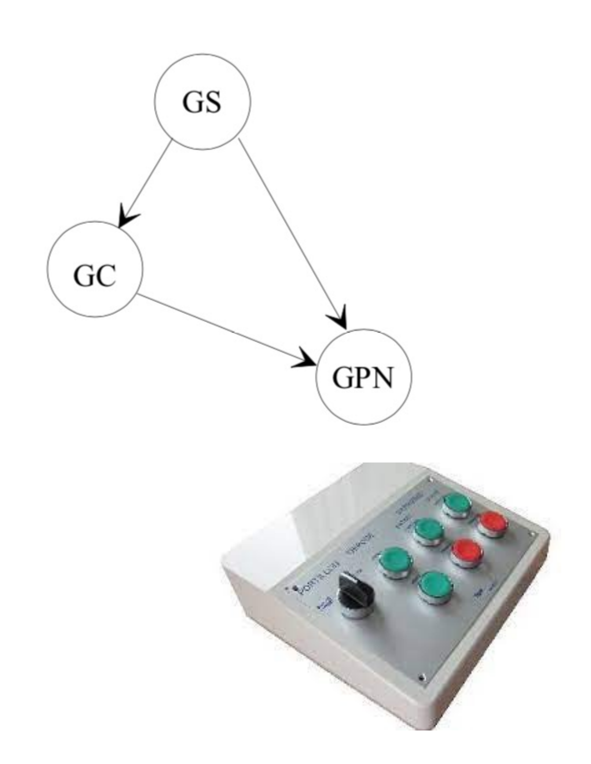
GS : **Grafcet de sécurité**, receptif à une consigne d'arret de sécurité prioritaire

GC : **Grafcet de conduite**. Il intègre les différents modes de marche : automatique, semi-auto, manuelle…

GPN : **Grafcet de production normale**



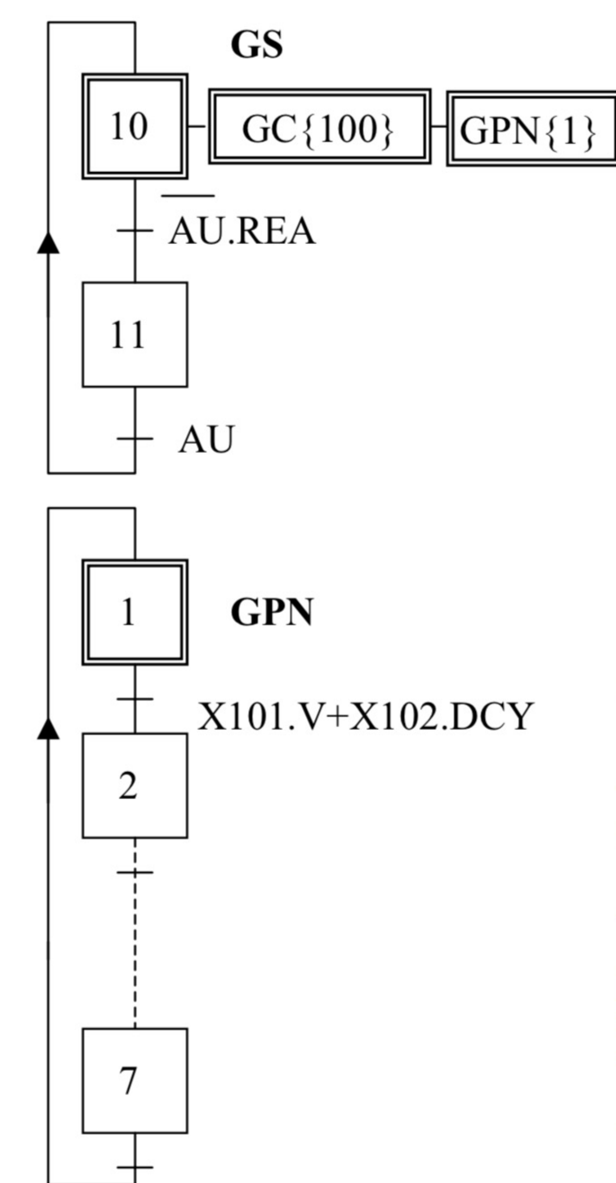
Exemple

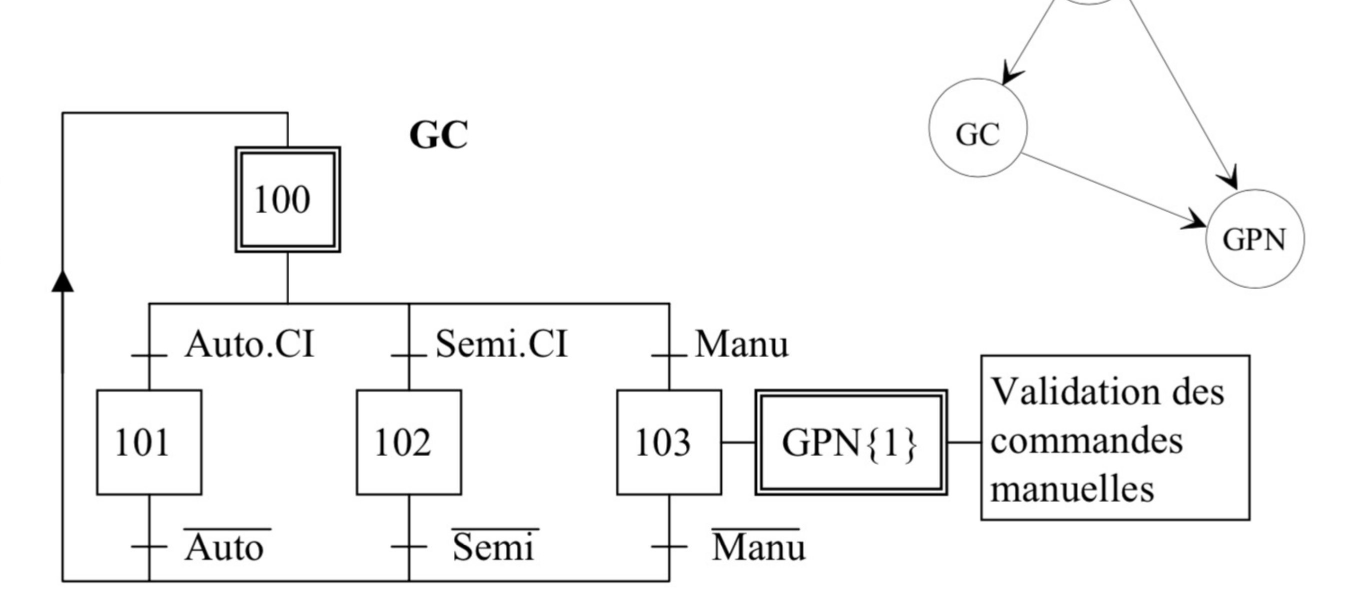


Le pupitre de commande est équipé :

- d'un sélecteur à trois positions permettant de choisir le mode de marche : Auto, Semi (Semi auto), Manu (pas à pas = Étape par étape).
- d'un bouton de mise en marche M et d'un autre d'arrêt A connectés aux entrées d'une mémoire délivrant une information V : (V = 1 : marche, V = 0 : arrêt)
- d'un bouton de départ cycle DCY
- d'un bouton arrêt d'urgence AU et d'un bouton de réarmement REA

Le Grafcet



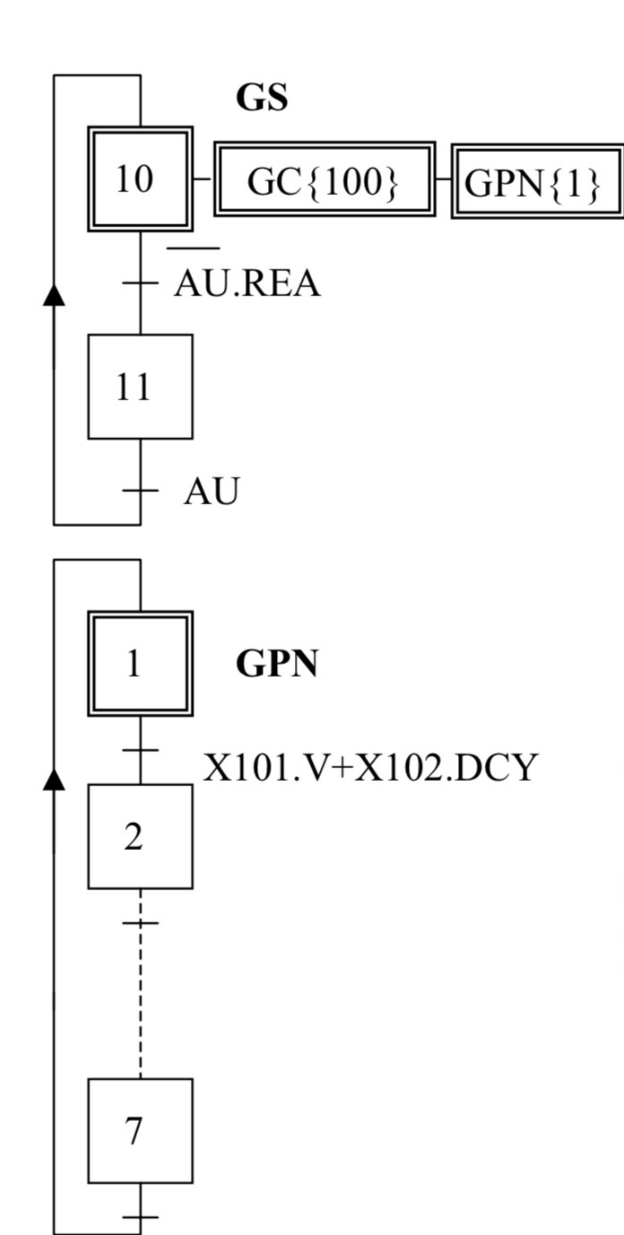


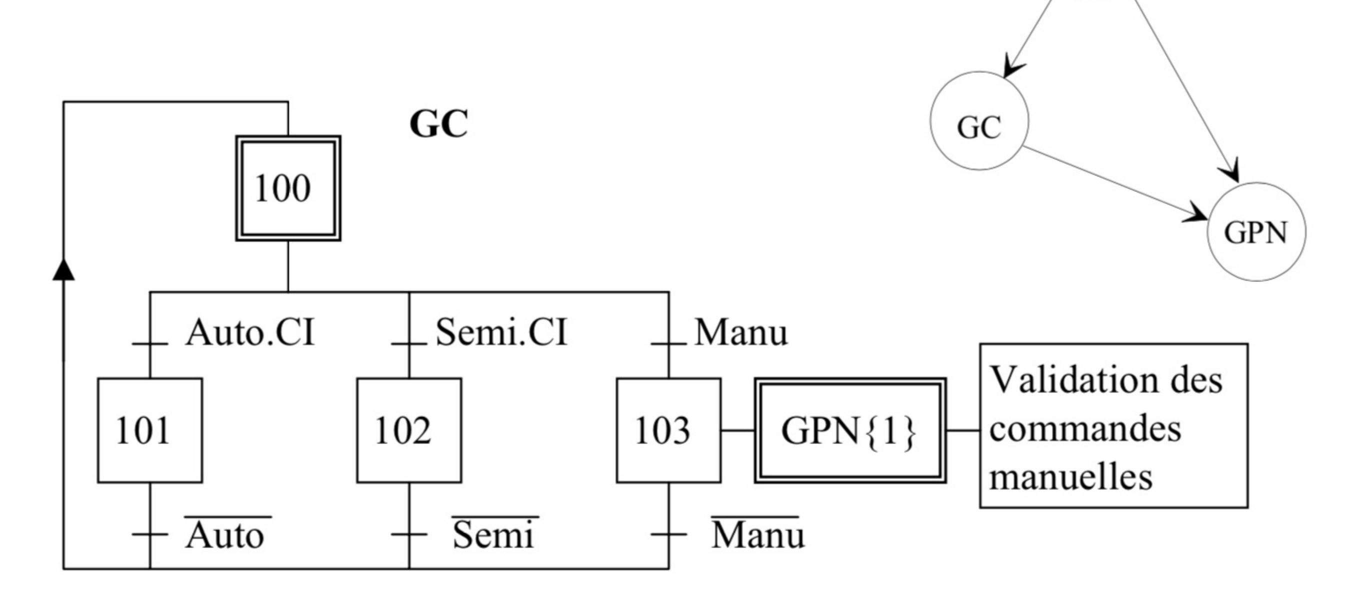
CI : Conditions Initiales

A la mise sous tension :

GS force GC à l'étape 100 et GPN à l'étape 1. Si ***AU*** n'est pas enclenché, et si l'on appui sur ***REA***, GS passe à l'étape 11. Donc GC et GPN peuvent évoluer. L'opérateur choisit son mode de marche et appuie sur ***M*** $\Rightarrow$ V=1.

Le Grafcet

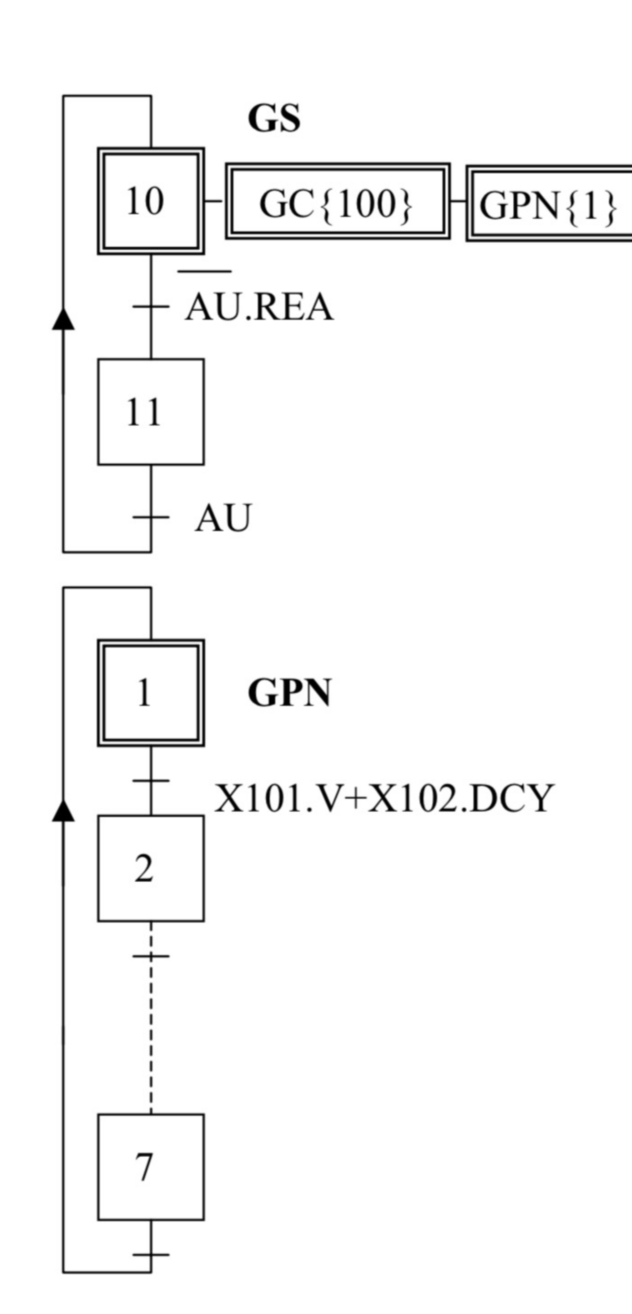


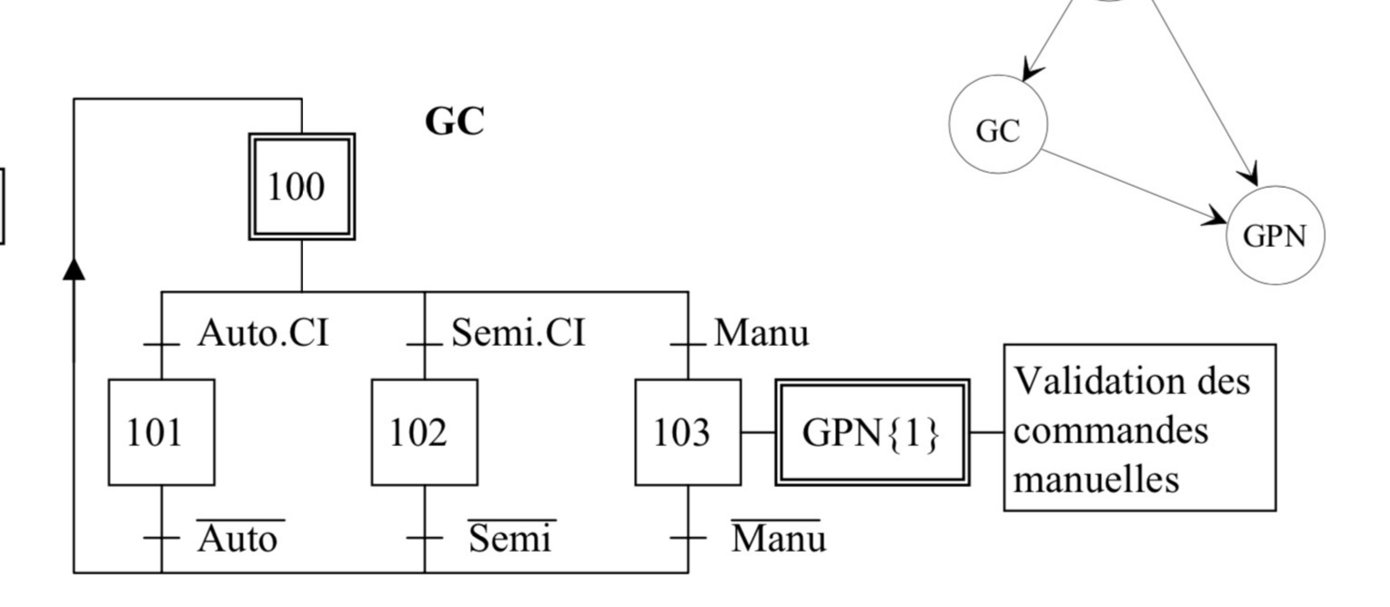


Si ***Auto*** :

101 est activée (si ***CI*** est vraie) donc le GPN déroule son cycle indéfiniment jusqu'à la disparition de V (***A***) ou l'apparition d'un autre mode de marche.

Le Grafcet

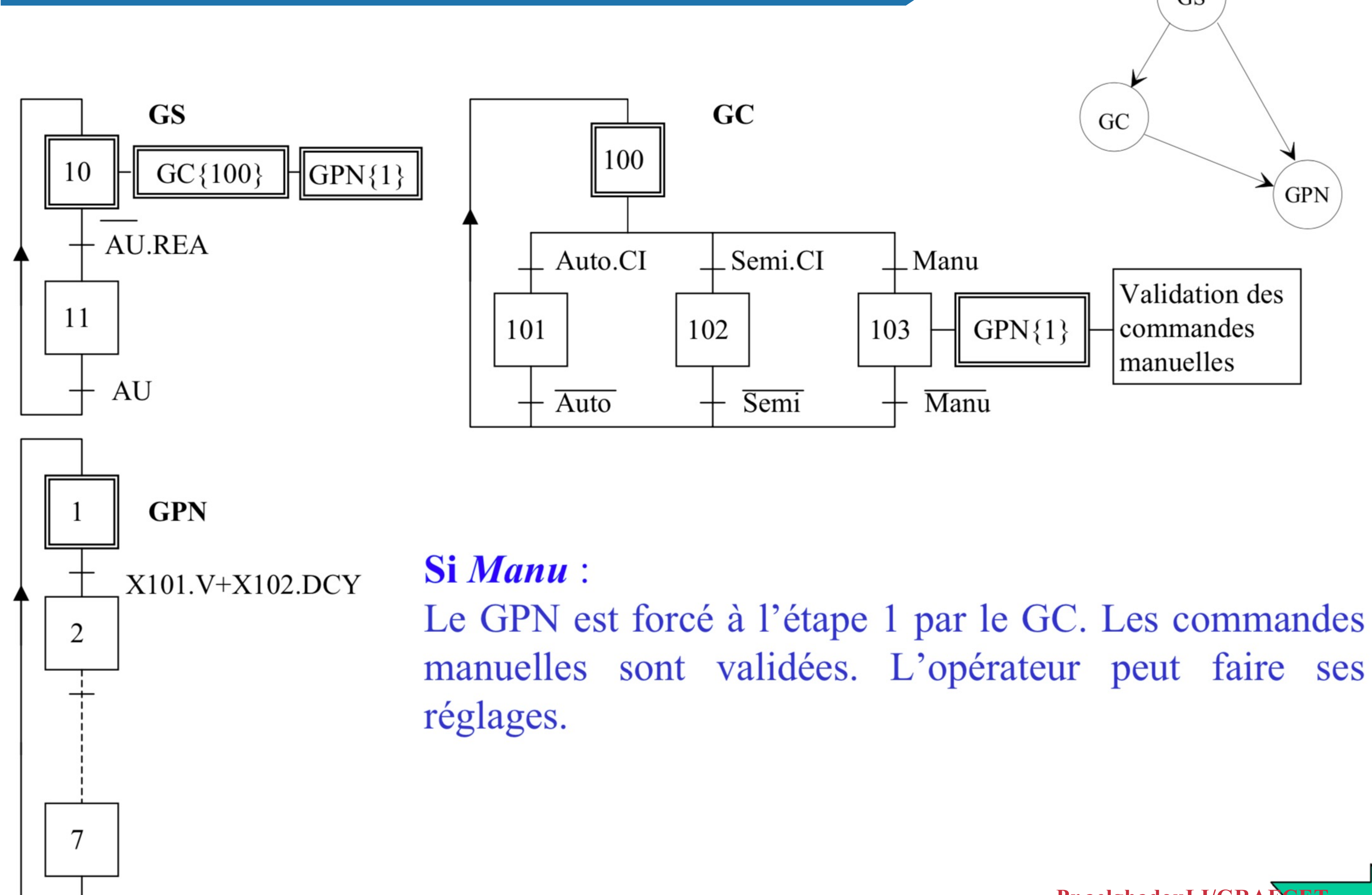




Si *Semi* :

102 est activée. Le départ du cycle GPN est conditionné à l'appui sur ***DCY***. Un seul cycle s'effectue. Il faut réappuyer sur ***DCY*** pour un nouveau départ cycle.

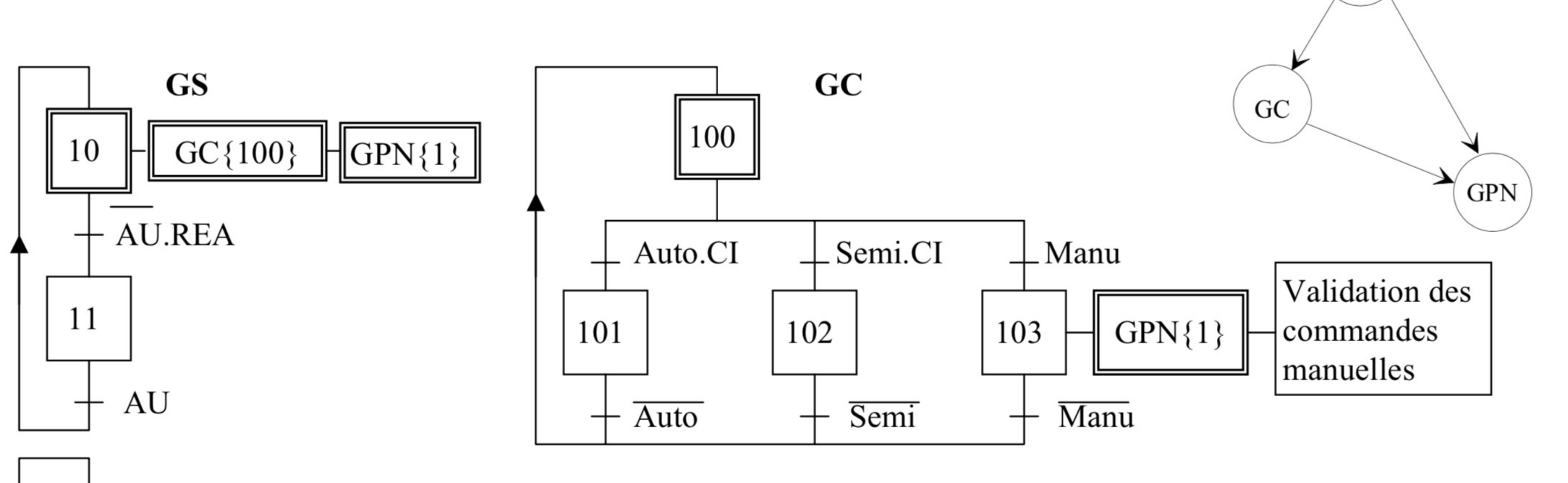
Le Grafcet

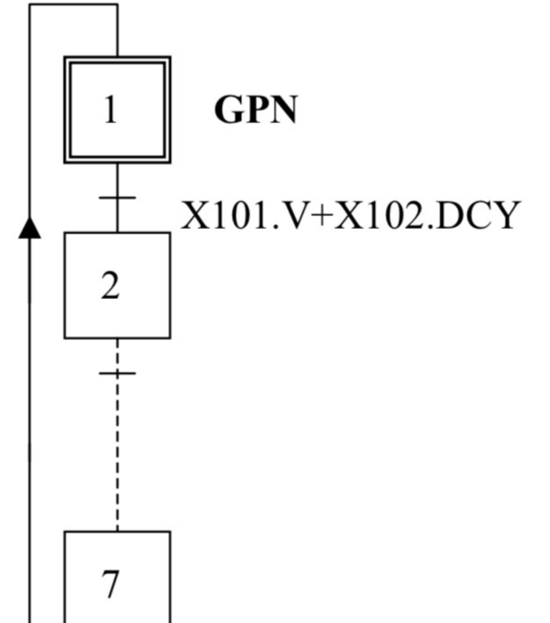


Si *Manu* :

Le GPN est forcé à l'étape 1 par le GC. Les commandes manuelles sont validées. L'opérateur peut faire ses réglages.

Le Grafcet





A n'importe quel moment, un appui sur ***AU*** (Arrêt d'Urgence) fait passer GS à l'étape 10. Donc GC est forcé à l'étape 100 et GPN à l'étape 1.

Le redémarrage ne peut avoir lieu que si ***AU*** est desenclenché et si l'on appuie sur ***REA***.



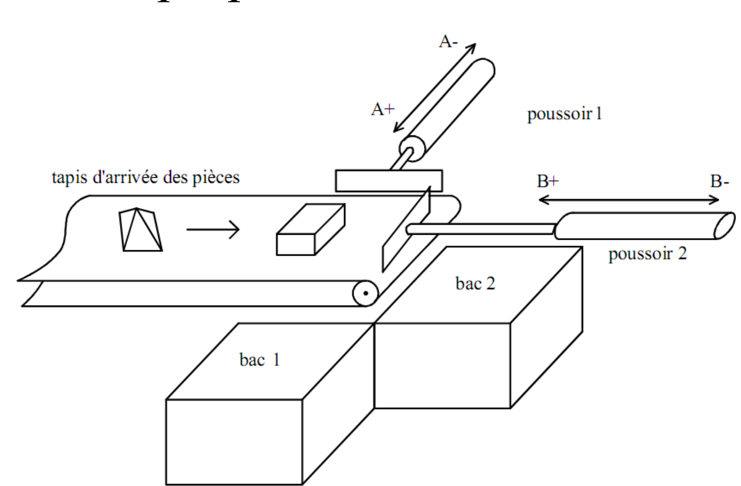
Cycle de fonctionnement :

- Quand le système est en fonctionnement (bouton bistable m à 1) le tapis apporte une pièce.
- Quand la pièce est contre le poussoir 2, on a 2 possibilités :
- Si la pièce est pyramidale, le poussoir 1 la pousse dans le bac 1.
- Si la pièce est prismatique, le poussoir 2 se recule et le tapis fait tomber la pièce dans le bac 2.

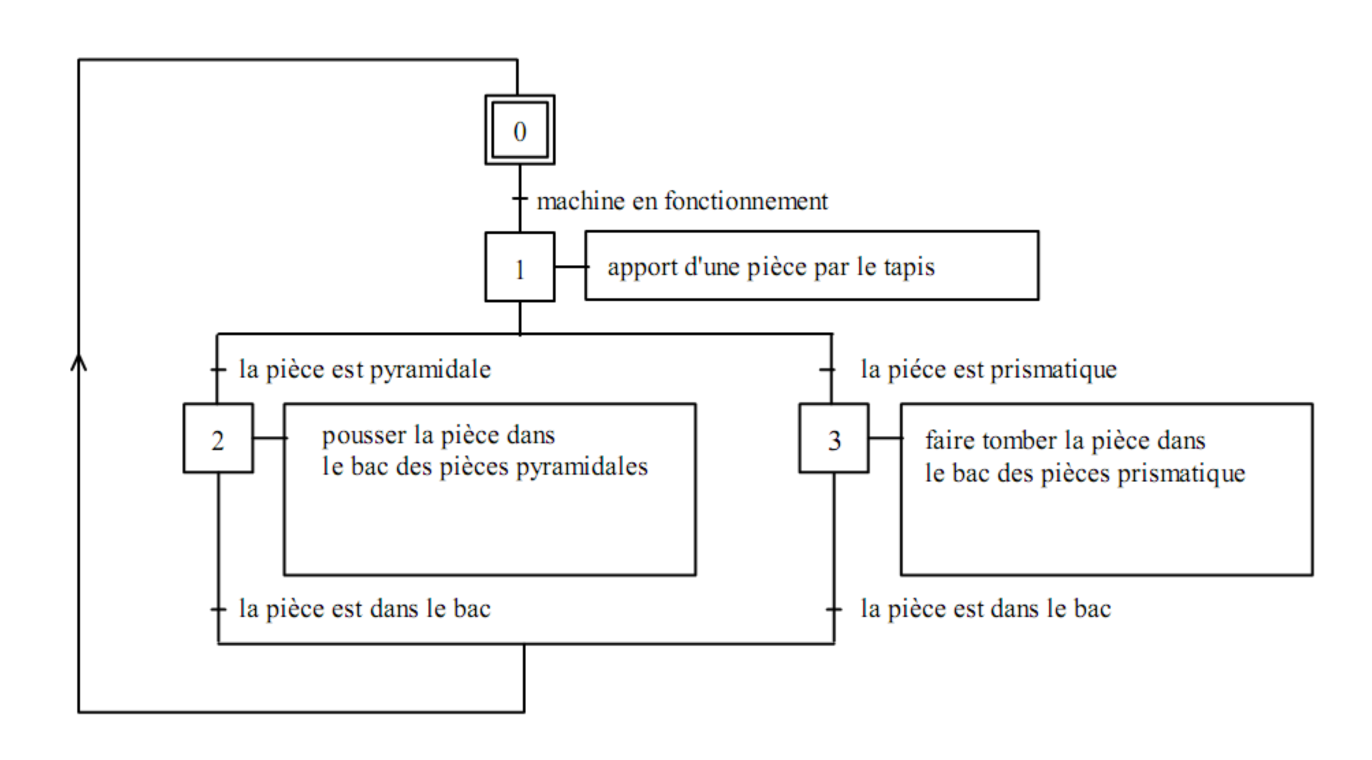
Remarque : On ne tiendra pas compte du fonctionnement du tapis pour les GRAFCET point de vue PO et PC.

Les capteurs utilisés sont les suivants :

- poussoir 4 et 2 rentrés : a0 et b0
- poussoir 1 et 2 sortis : a1 et b1
- pièce pyramidale contre le poussoir 2 : t
- pièce prismatique contre le poussoir 2 : p
- pièce tombée dans le bac 2 : b2

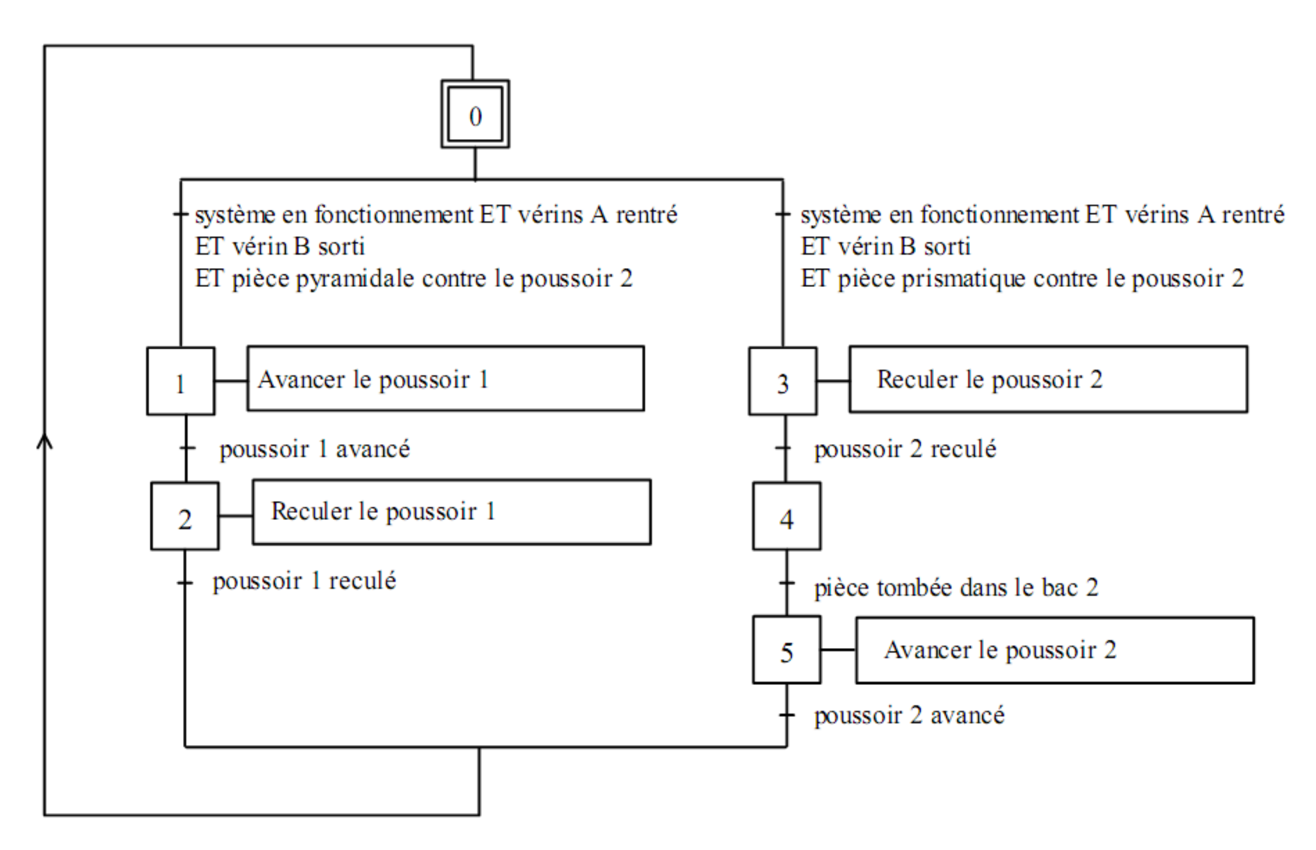


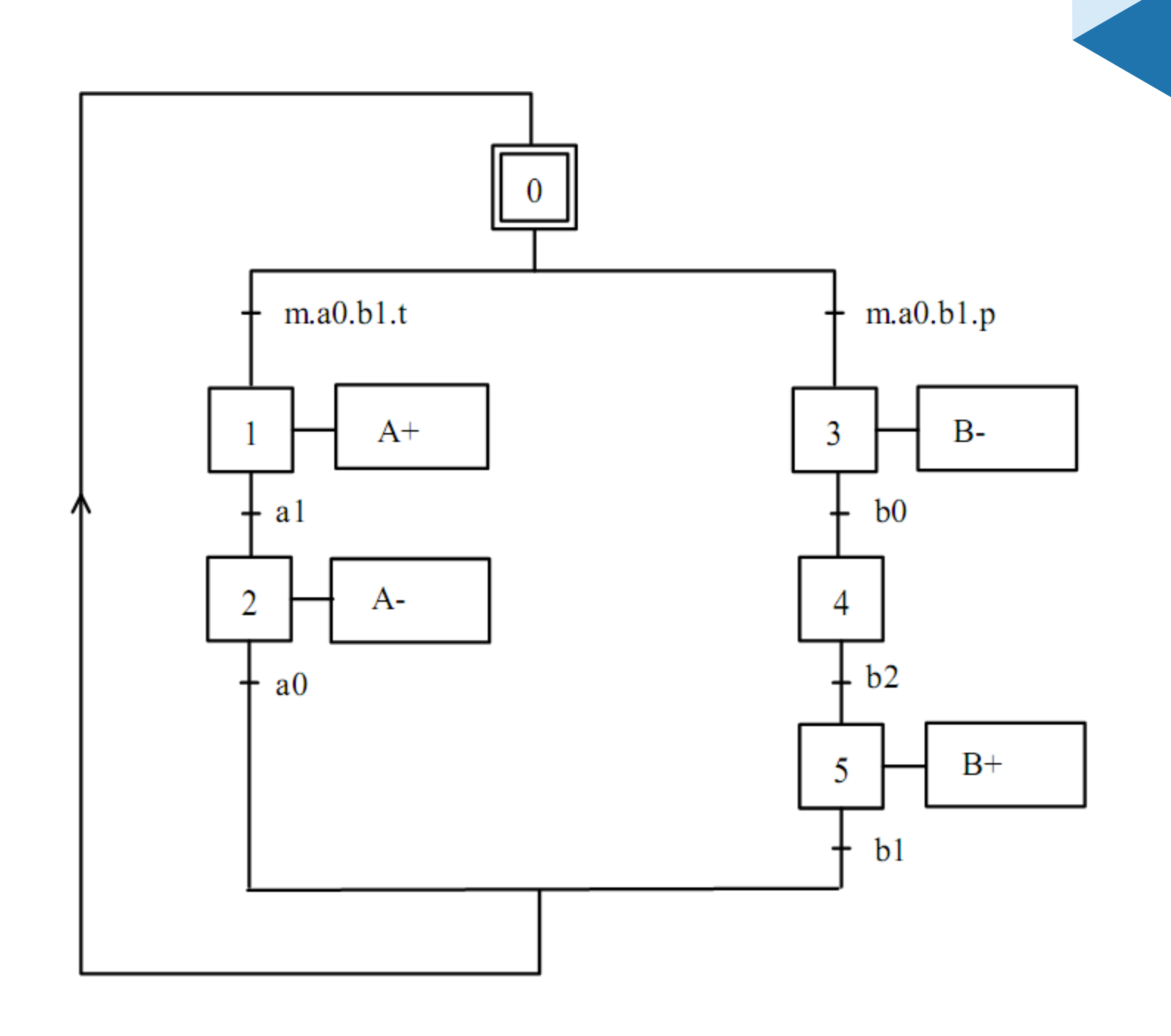




0
machine en fonctionnement
1
apport d'une pièce par le tapis
la pièce est pyramidale
la piéce est prismatique
2
pousser la pièce dans
le bac des pièces pyramidales
3
faire tomber la pièce dans
le bac des pièces prismatique
la pièce est dans le bac
la pièce est dans le bac

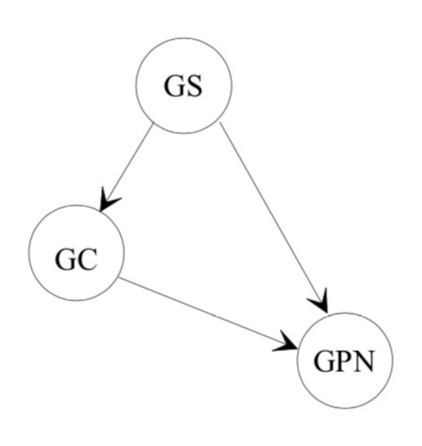



0
système en fonctionnement ET vérins A rentré
ET vérin B sorti
ET pièce pyramidale contre le poussoir 2
système en fonctionnement ET vérins A rentré
ET vérin B sorti
ET pièce prismatique contre le poussoir 2
1
Avancer le poussoir 1
3
Reculer le poussoir 2
poussoir 1 avancé
poussoir 2 reculé
2
Reculer le poussoir 1
4
poussoir 1 reculé
pièce tombée dans le bac 2
5
Avancer le poussoir 2
poussoir 2 avancé


0
m.a0.b1.t
m.a0.b1.p
1
A+
3
B-
a1
b0
2
A-
4
a0
b2
5
B+
b1



Exemple



Le pupitre de commande est équipé :

- d'un sélecteur à trois positions permettant de choisir le mode de marche : Auto, Semi (Semi auto), Manu (pas à pas = Étape par étape).
- d'un bouton de mise en marche M et d'un autre d'arrêt A connectés aux entrées d'une mémoire délivrant une information V : (V = 1 : marche, V = 0 : arrêt)
- d'un bouton de départ cycle DCY
- d'un bouton arrêt d'urgence AU et d'un bouton de réarmement REA

TD1: GRAFCET

Unité de perçage automatique

Cahier des charges :

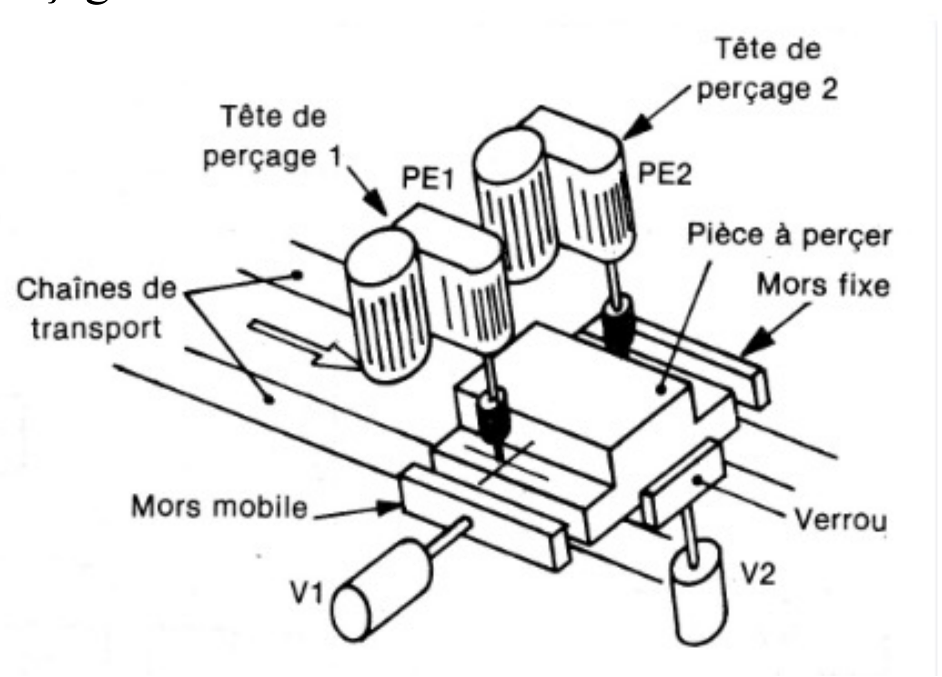
Une unité de perçage automatique se compose de deux chaines parallèles convoyant les pièces, d'un étau pneumatique, de deux tète de perçage et d'un verrou.

Les chaînes tournent aussi longtemps qu'une pièce n'atteint pas le verrou.

A ce moment, l'étau est serré puis les têtes de perçage descendent à des vitesses différentes. Les deux perçages terminés, le verrou s'efface et les chaînes se remettent en marche.

Lorsque la pièce est suffisamment éloignée, le verrou remonte et le système est prêt à recevoir une nouvelle pièce après 5s.

Nous considérons que les forets tournent en permanence.



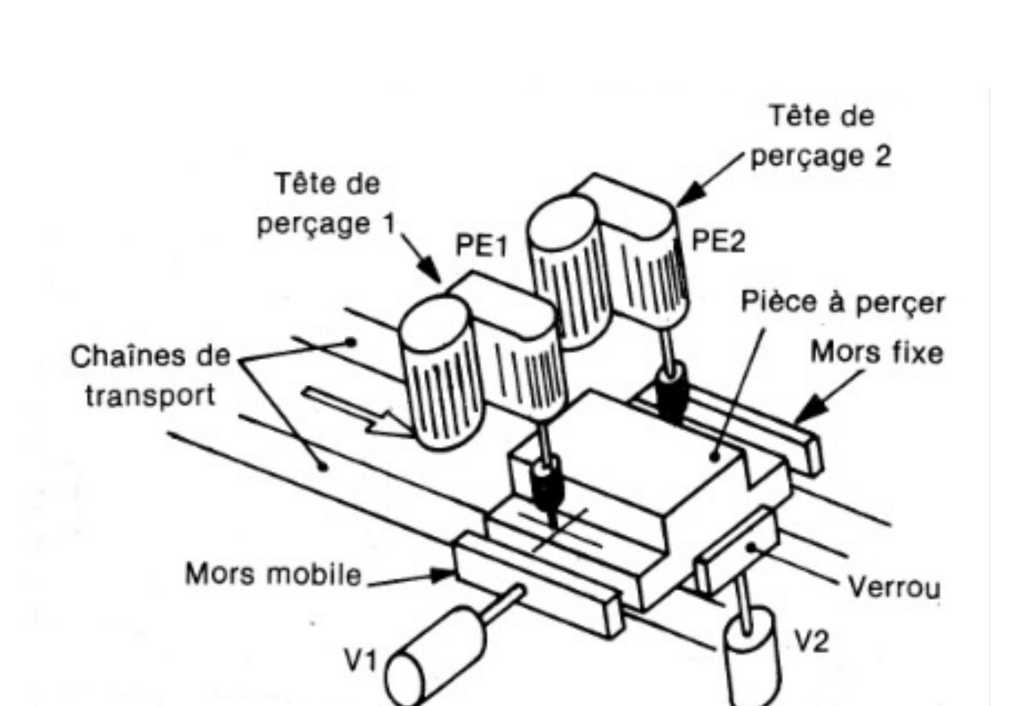
TD1: GRAFCET

Unité de perçage automatique

Cahier des charges :

Information	Capteur
Pièce contre verrou	PCV
Étau serré	ESE
Étau desserré	EDE
Perçage 1 en haut	P1 H
Perçage 1 en bas	P1 B
Perçage 2 en haut	P2H
Perçage 2 en bas	P2B
Pièce évacuée	PIE

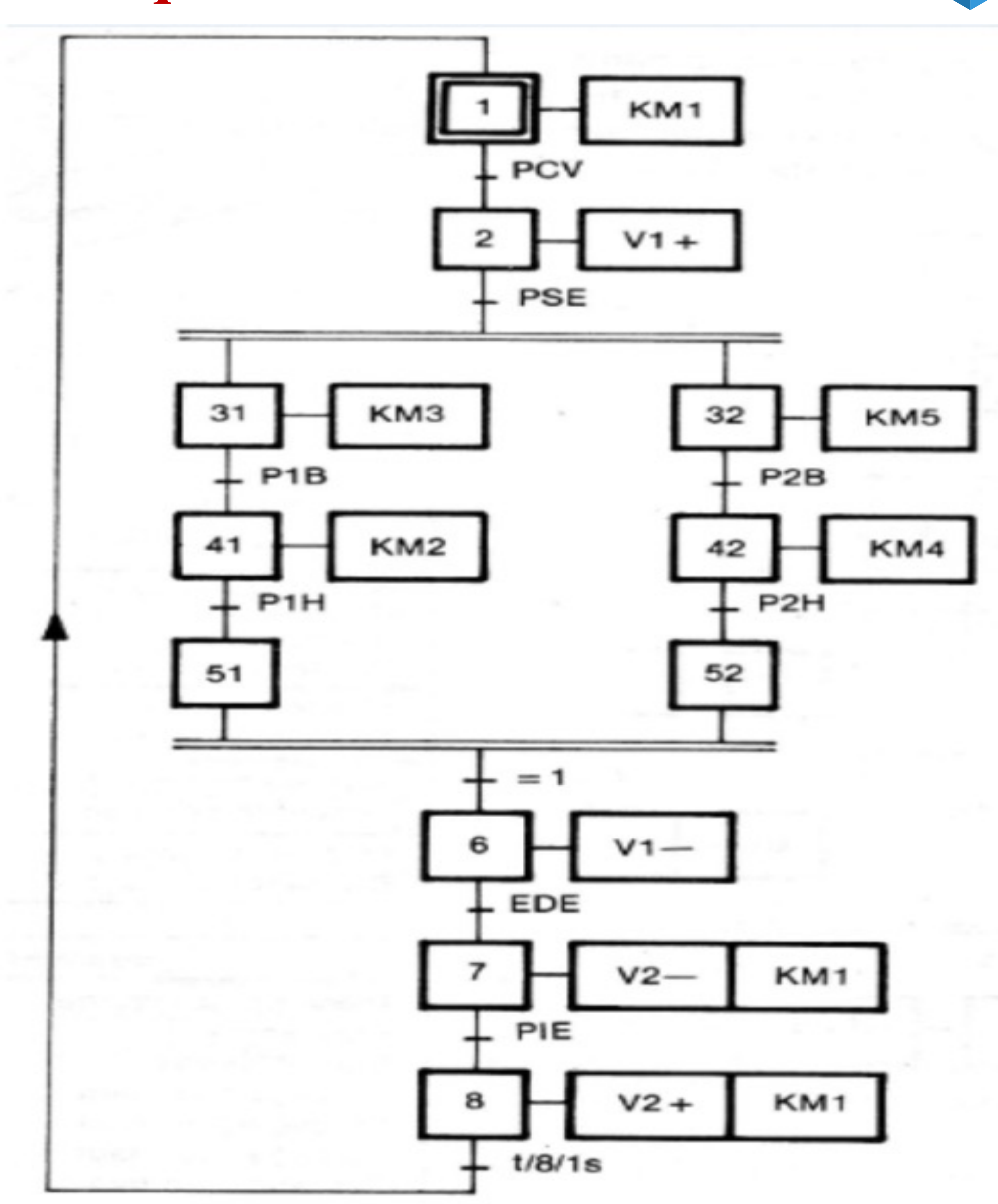
Action	Moteur Ou vérin	Commande
Rotation chaînes	RC	KM1
Serrage étau Desserrage étau	V1	V1 + V1 -
Montée verrou Descente verrou	V2	V2 + V2 -
Montée perçage 1 Descente perçage 1	PE1	KM2 KM3
Montée perçage 2 Descente perçage 2	PE2	KM4 KM5



TD1: GRAFCET

Unité de perçage automatique

Cahier des charges :



Objectifs de ce chapitre

Étudier les différents modes de marches et d'arrêts d'un SAP dans le cadre du **Guide d'Etude des Modes de Marches.**

Voici les parties que nous allons aborder :

I. Modes de fonctionnement

II. Définition du GEMMA.

III. Concepts du GEMMA

IV. Procédures de marche et d'arrêts

V. Mise en œuvre du GEMMA

GEMMA

PRESENTATION:

Les systèmes automatisés sont de plus en plus **complexes** et l'installation des **modes de marches et d'arrêts** est devenue difficile. C'est pour cela qu'un groupe de travail réuni sous l'égide de l'ADEPA (Agence pour le DEveloppement de la Productique Appliquée à l'industrie) a mis au point un **guide graphique**. Ce guide se nomme **GEMMA** (**Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts**).

Cet outil graphique permet d'exprimer clairement dès l'étude, les modes de marches et d'arrêts puis de les **réaliser**. Par un vocabulaire simple, il facilite le dialogue entre tous les techniciens qui auront à intervenir sur le système. Par une approche guidée, il permet de lister toutes les procédures de marches et d'arrêts de la PC et de la PO.

GEMMA



Les modes de marches et d'arrêts sont vus par une Partie Commande (PC) sous énergie.

PC HORS ENERGIE

PC SOUS ENERGIE

Mise en énergie de la PC

Mise hors énergie de la PC

PC HORS ENERGIE

PC SOUS ENERGIE

GEMMA

CRITERE DE PRODUCTION):

EN PRODUCTION → **valeur ajoutée produite**

HORS PRODUCTION → **valeur ajoutée non produite**

PC HORS ENERGIE

PC SOUS ENERGIE

HORS PRODUCTION

PRODUCTION

PC HORS ENERGIE

PC SOUS ENERGIE

GEMMA



FAMILLES DE PROCEDURES: Il existe trois grandes familles de procédures.

Famille F (PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT) : on regroupe **tous les états** du système automatisé qui sont indispensables **à l'obtention de la valeur ajoutée**.

Famille A (PROCEDURES D'ARRET) : on regroupe **tous les états** du système automatisé qui traduisent **un arrêt pour des raisons extérieures au système**. Ce sont les **arrêts normaux**.

Famille D (PROCEDURES DE DEFAILLANCE) : on regroupe **tous les états** du système automatisé qui traduisent **un arrêt du système pour des raisons extérieures au système**. Ce sont les **arrêts anormaux**.

GEMMA



PC HORS ENERGIE

PC SOUS ENERGIE

(A) PROCEDURES D'ARRET

(F) PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT

PRODUCTION

(D) PROCEDURES DE DEFAILLANCE

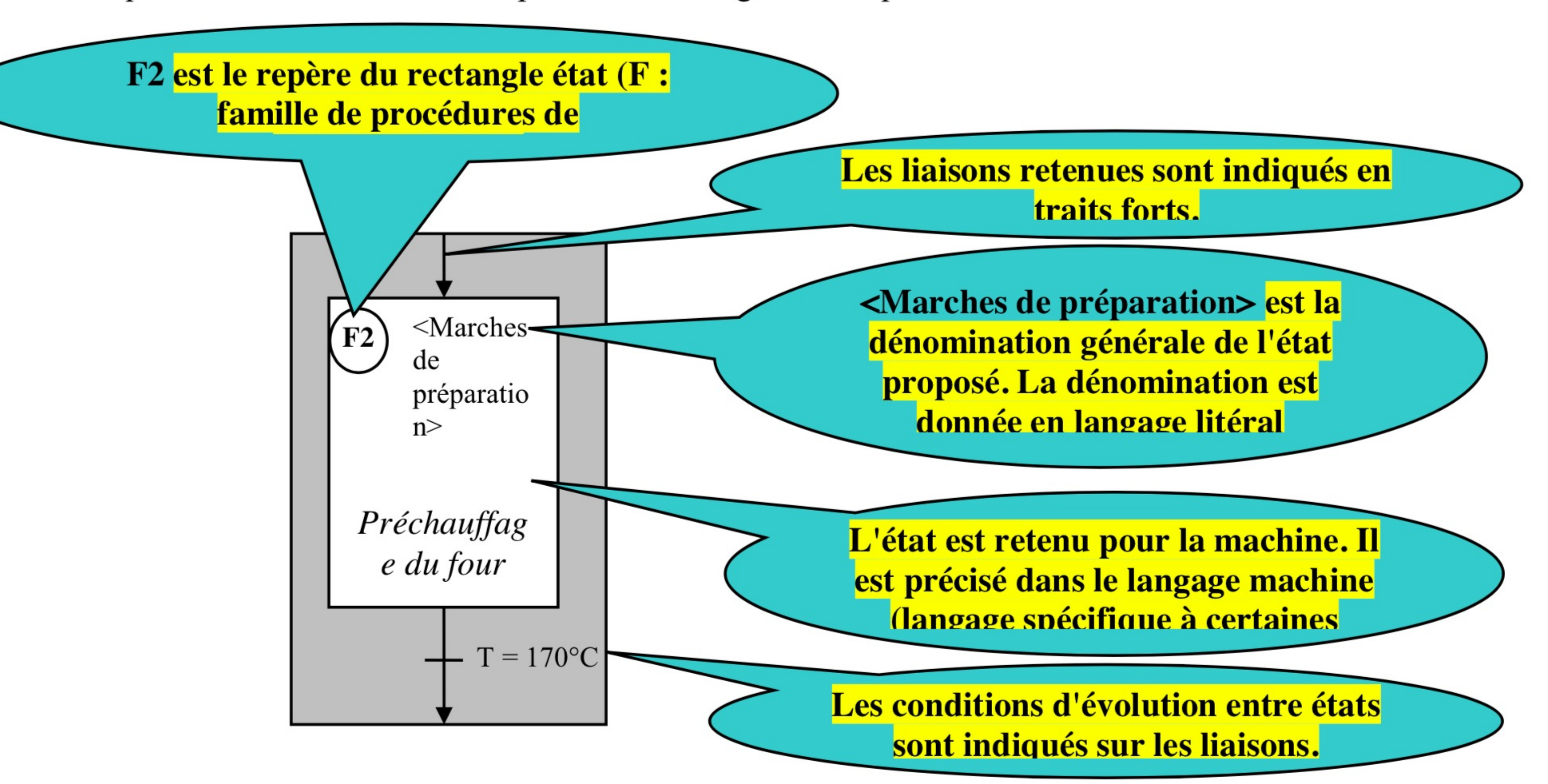
PC HORS ENERGIE

PC SOUS ENERGIE

GEMMA

RECTANGLES ETATS:

Chaque famille est constituée de plusieurs rectangles états qui sont définis et utilisés comme suit :



GEMMA



Famille F (PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT) :

F1 : <PRODUCTION NORMALE> : La machine produit **normalement**, c'est l'état pour lequel elle a été conçue. C'est à ce titre que le rectangle état a un **cadre renforcé**. On peut souvent faire correspondre à cet état un **Grafcet de production normale**.

F2 : <MARCHE DE PREPARATION> : Cet état est utilisé pour les machines nécessitant une **préparation préalable à la production normale**: préchauffage de l'outillage, remplissage de la machine, mises en routes diverses…

F3 : <MARCHE DE CLOTURE> : Cet état est nécessaire pour certaines machines **devant être vidées ou nettoyées** en fin de journée ou en fin de série.

F4 : <MARCHE DE VERIFICATION DANS LE DESORDRE> : Cet état permet de vérifier **certaines fonctions ou certains mouvements sur la machine**, sans **respecter l'ordre du cycle.**

F5 : <MARCHE DE VERIFICATION DANS L'ORDRE> : Dans cet état, le cycle de fonctionnement peut être **exploré au rythme voulue par la personne effectuant la vérification**, la machine pouvant **produire ou ne pas produire.**

F6 : <MARCHE DE TEST> : : Cet état permet de **régler ou d'étalonner** certaines machines de contrôle, de tri, comportent des capteurs qui doivent être **réglés ou étalonnés périodiquement.**

GEMMA



Famille A (PROCEDURES D'ARRET) :

A1 : <ARRET DANS ETAT INITIAL> : C'est l'état **repos** de la machine. Il correspond en général à la situation **initiale du Grafcet** : c'est pourquoi, comme une étape initiale, ce rectangle état est entouré d'un **double cadre**. Pour une étude plus facile de l'automatisme, il recommandé de représenté la machine dans cet état initial.

A2 : <ARRET DEMANDE EN FIN DE CYCLE> : Lorsque l'arrêt est demandé, la machine **continue de produire jusqu'à la fin du cycle** : A2 est un état transitoire vers A1.

A3 : <ARRET DEMANDE DANS ETAT DETERMINE> : La machine continue de produire jusqu'à **un arrêt en une position autre que la fin du cycle** : c'est un état transitoire vers A4.

A4 : <ARRET OBTENU> : La machine est **arrêtée** dans une autre position que la fin de cycle.

A5 : <PREPARATION POUR REMISE EN ROUTE APRES DEFAILLANCE> : C'est dans cet état que l'on procède à **toutes les opérations** (dégagement, nettoyages…) **nécessaires à une remise en route après défaillance**.

A6 : <MISE PO DANS ETAT INITIAL> La machine étant en A6, on remet **manuellement ou automatiquement** la PO en position pour un **redémarrage dans un état initial**.

A7 : <MISE PO DANS ETAT DETERMINE> : La machine étant en A7, on remet la PO en position pour un redémarrage **dans une position autre que l'état initial.**

GEMMA



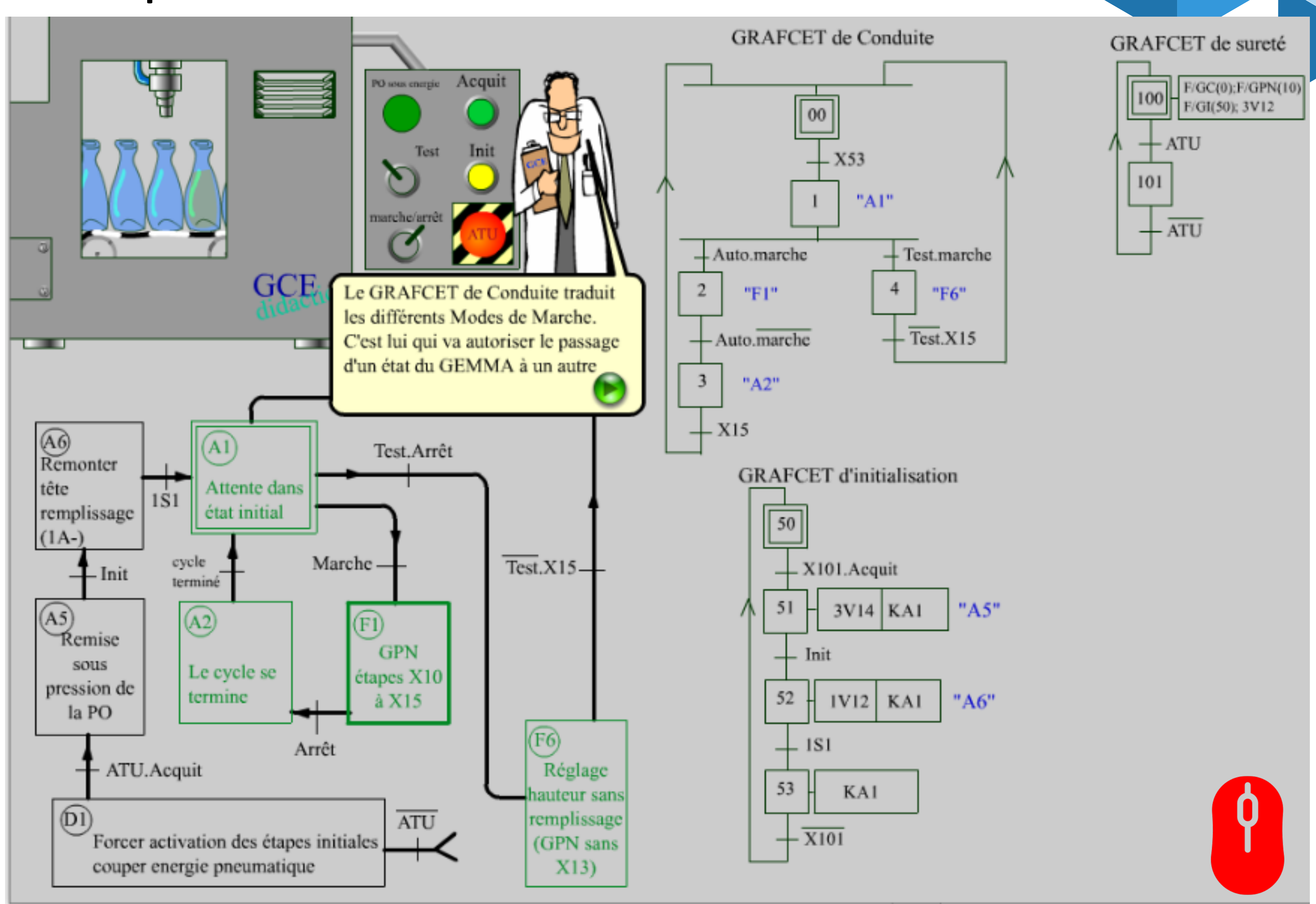
Famille D (PROCEDURES DE DEFAILLANCE) :

D1 : <ARRET D'URGENCE> : C'est l'état pris lors **d'un arrêt d'urgence** : on y prévoit non seulement les arrêts, mais aussi les **cycles de dégagements**, **les procédures et précautions nécessaires pour éviter ou limiter les conséquences dues à la défaillance**.

D2 : <DIAGNOSTIC ET/OU TRAITEMENT DE DEFAILLANCE> : C'est dans cet état que la machine peut être **examinée après défaillance** en vue d'un **traitement permettant le redémarrage**.

D3 : <PRODUCTION TOUT DE MEME> : Il est parfois nécessaire de continuer **la production même après défaillance de la machine** : on aura alors une **production dégradée**, ou une **production forcée**, ou une **production aidée par des opérateurs** non prévues en <PRODUCTION NORMALE>.

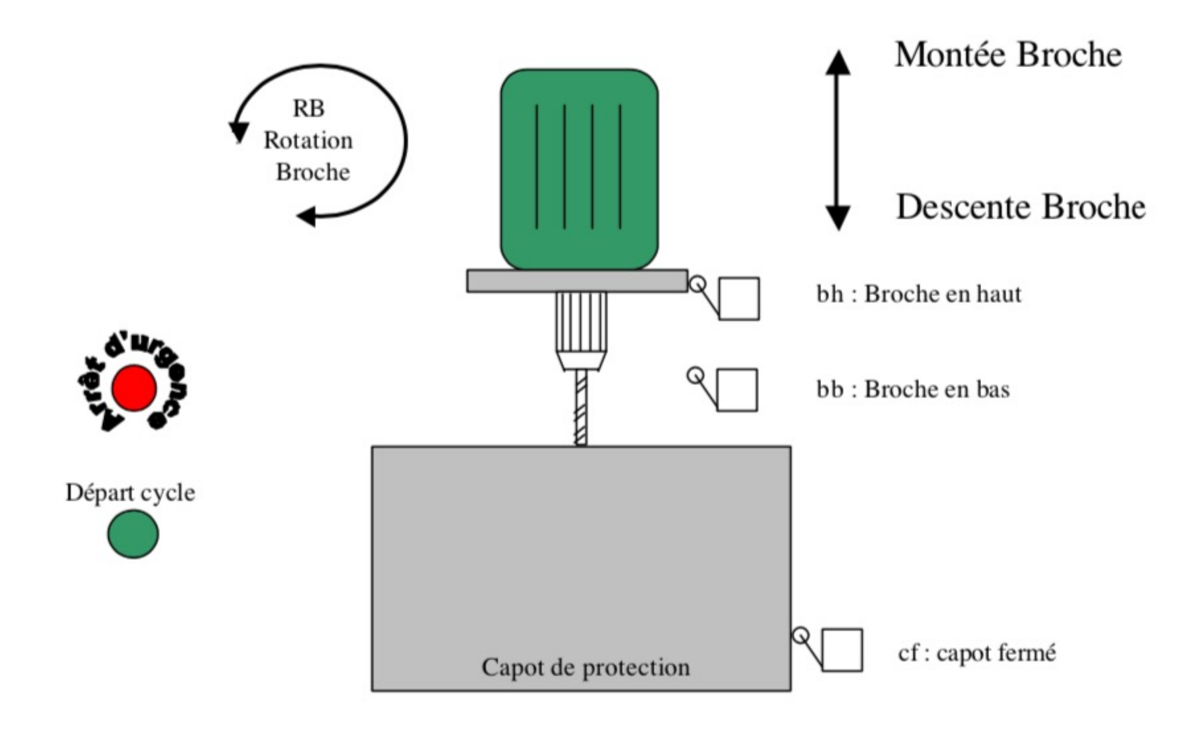
Exemple Animé

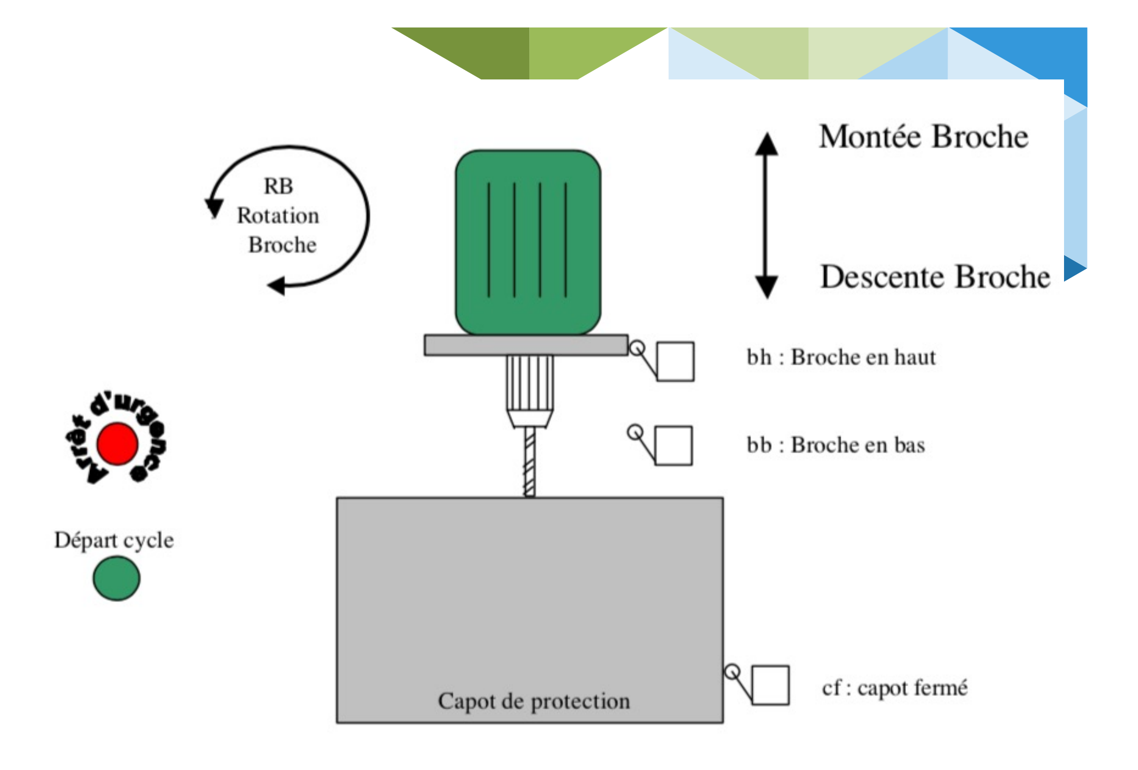




Application 1 : Perçage semi-automatique

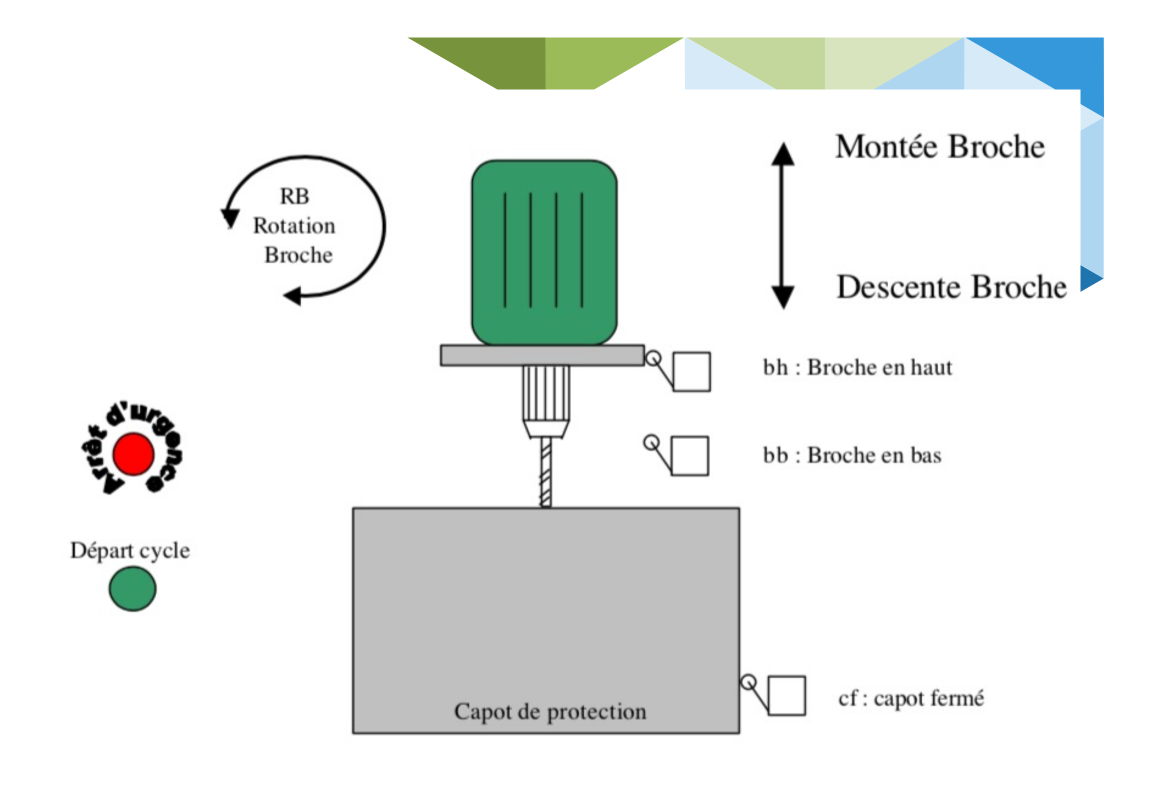
L'exemple simplifié est composé, pour la partie opérative, d'une broche de perçage dont les actionneurs assurent la rotation, la descente et la montée. Le montage ou le démontage de la pièce à percer est prévu manuellement, ainsi que la mise en place du capot de protection.





La description des modes de marche, qui tient compte des besoins de production et de sécurité, prévoit deux modes principaux :

1. Mode automatique : Etat 1 «A1 » et état 2 «F1 »
2. Mode défaillance : Etat 3 «D1 » et état 4 «A6 »



Description des différents états:

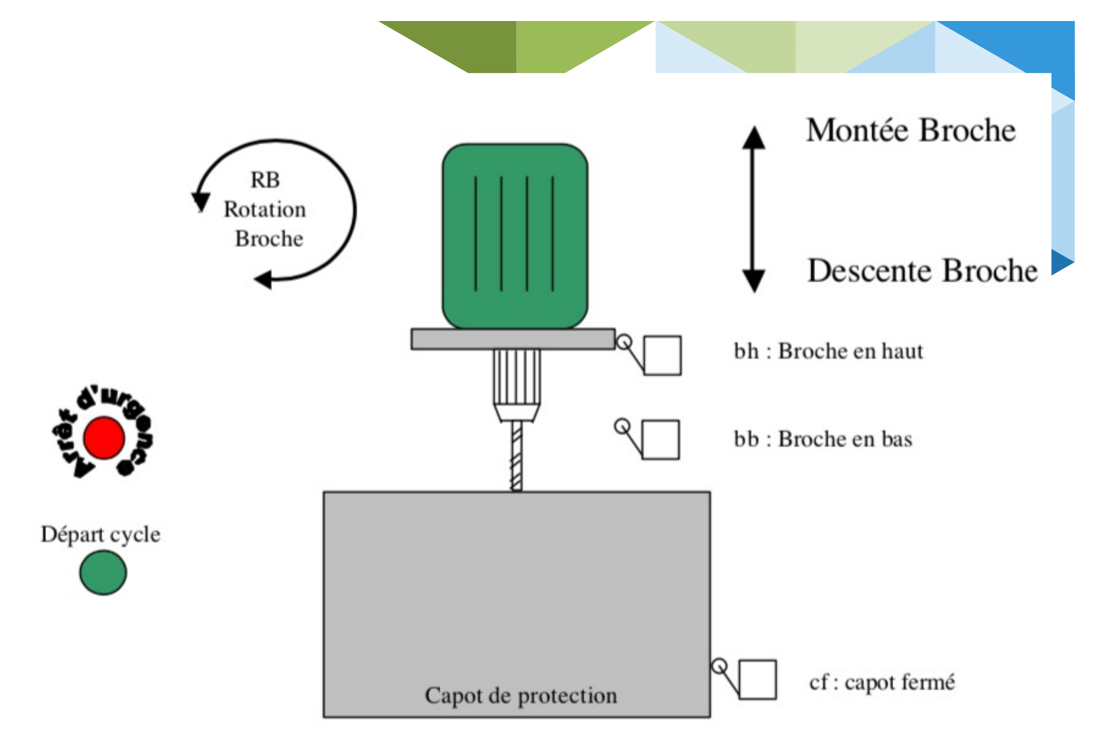
1. Mode automatique : Etat 1 «A1 » et état 2 «F1 »

Etat 1 : « A1 »

Dans cet état, la mise en place de la pièce ou sa dépose est possible, la partie commande devra assurer la sécurité de descente de la broche tant que la capot est ouvert.

Etat 2 : « F1 »

Le bouton poussoir « départ cycle » permet le passage à l’état 2 dans lequel s’effectue le perçage automatique, la fin du cycle provoque le retour à l’état 1. L’ouverture du capot dans l’état 2 mène à l’état 3.



Description des différents états:

Mode défaillance : Etat 3 «D1 » et état 4 «A6 »

Etat 3 : « D1 »

L'information « arrêt d'urgence » mène à l'état 3 depuis tous les autres. Dans cet état les actionneurs sont commandés à l'arrêt (plus un verrouillage câblé directement sur l'organe en service).

Etat 4 : « A6 »

Si le capot est fermé, l'information « réarmement » permet d'obtenir dans l'état 4 une remise en référence de l'équipement automatique. Dès les conditions initiales vérifiées, l'équipement atteindra l'état 1.

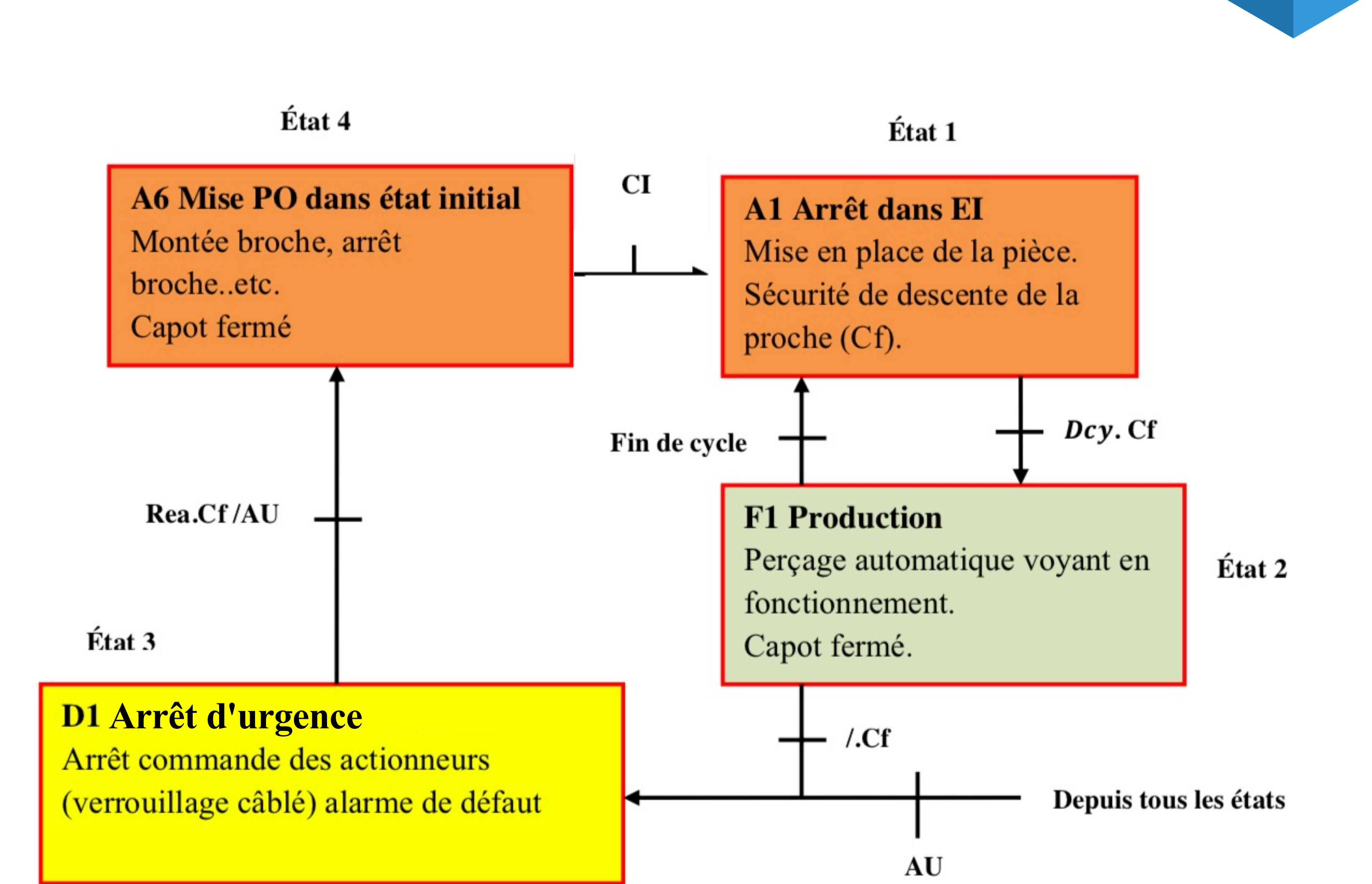
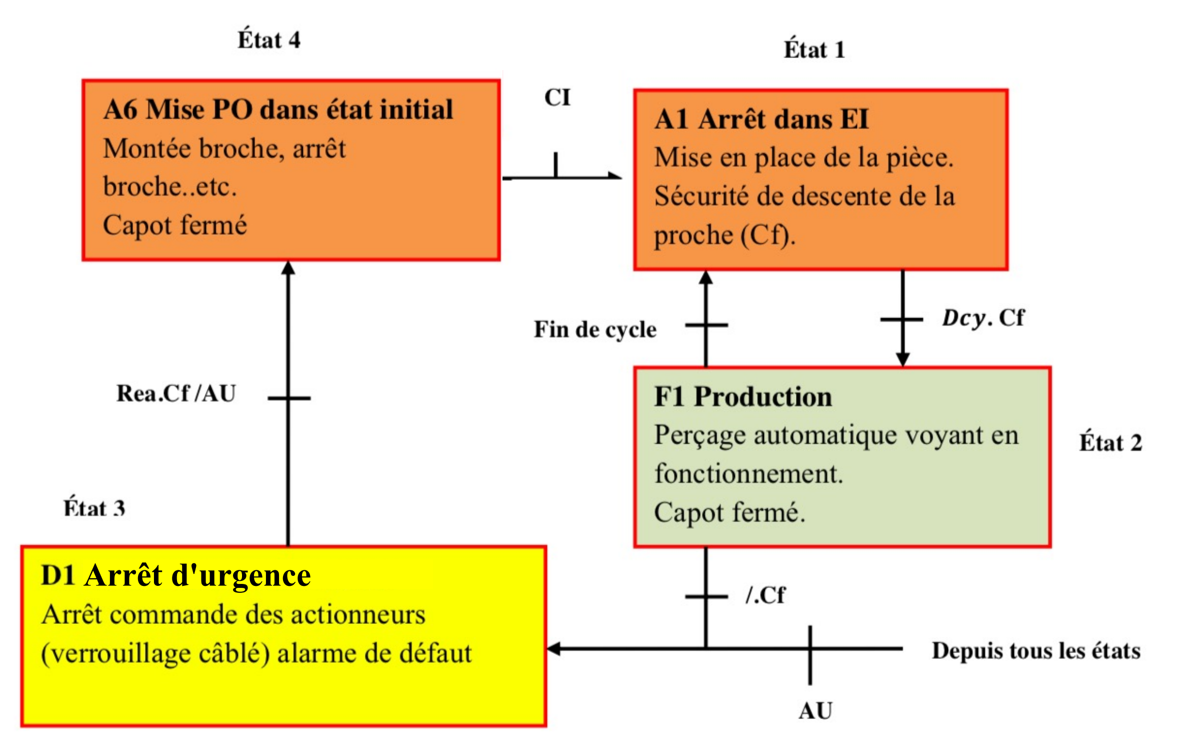
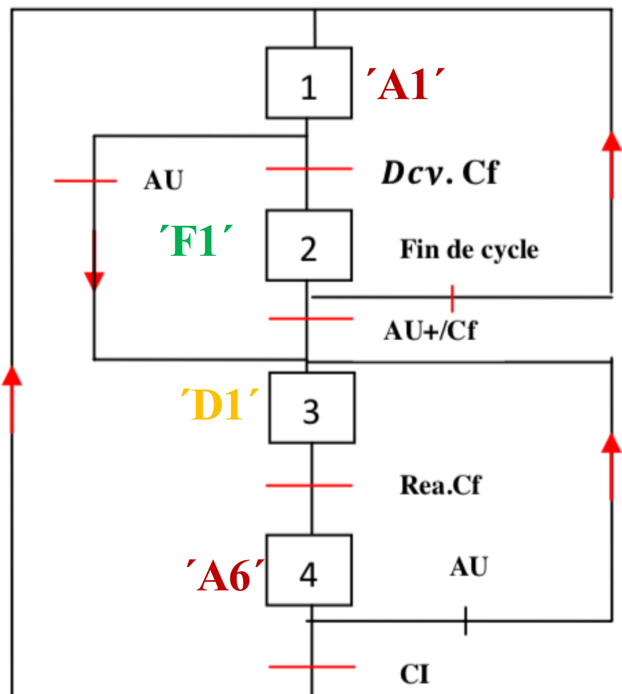


Figure 45. Modes de marches d'un système de perçage semi-automatique.

Modes de marches d'un système de perçage semi-automatique.







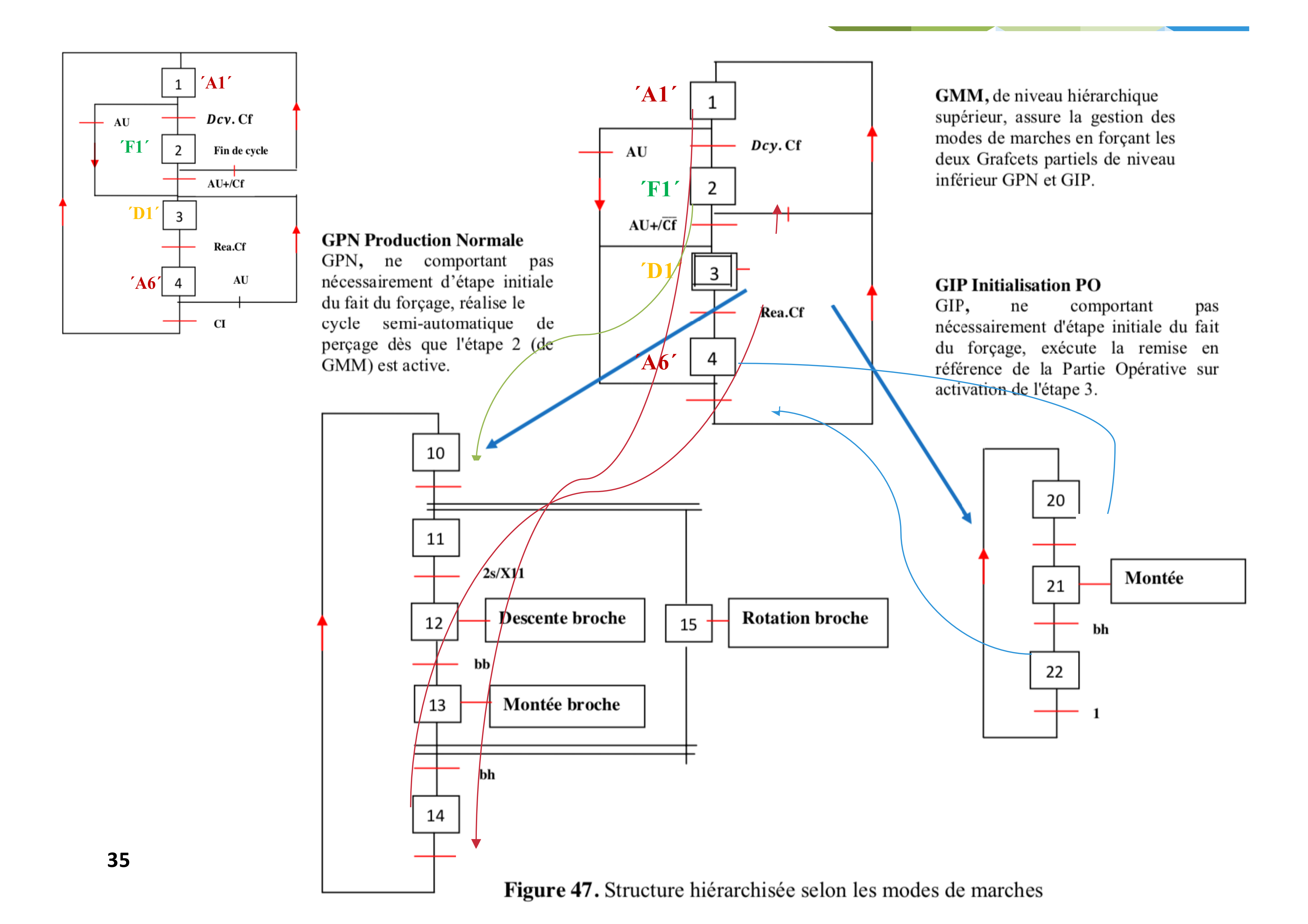
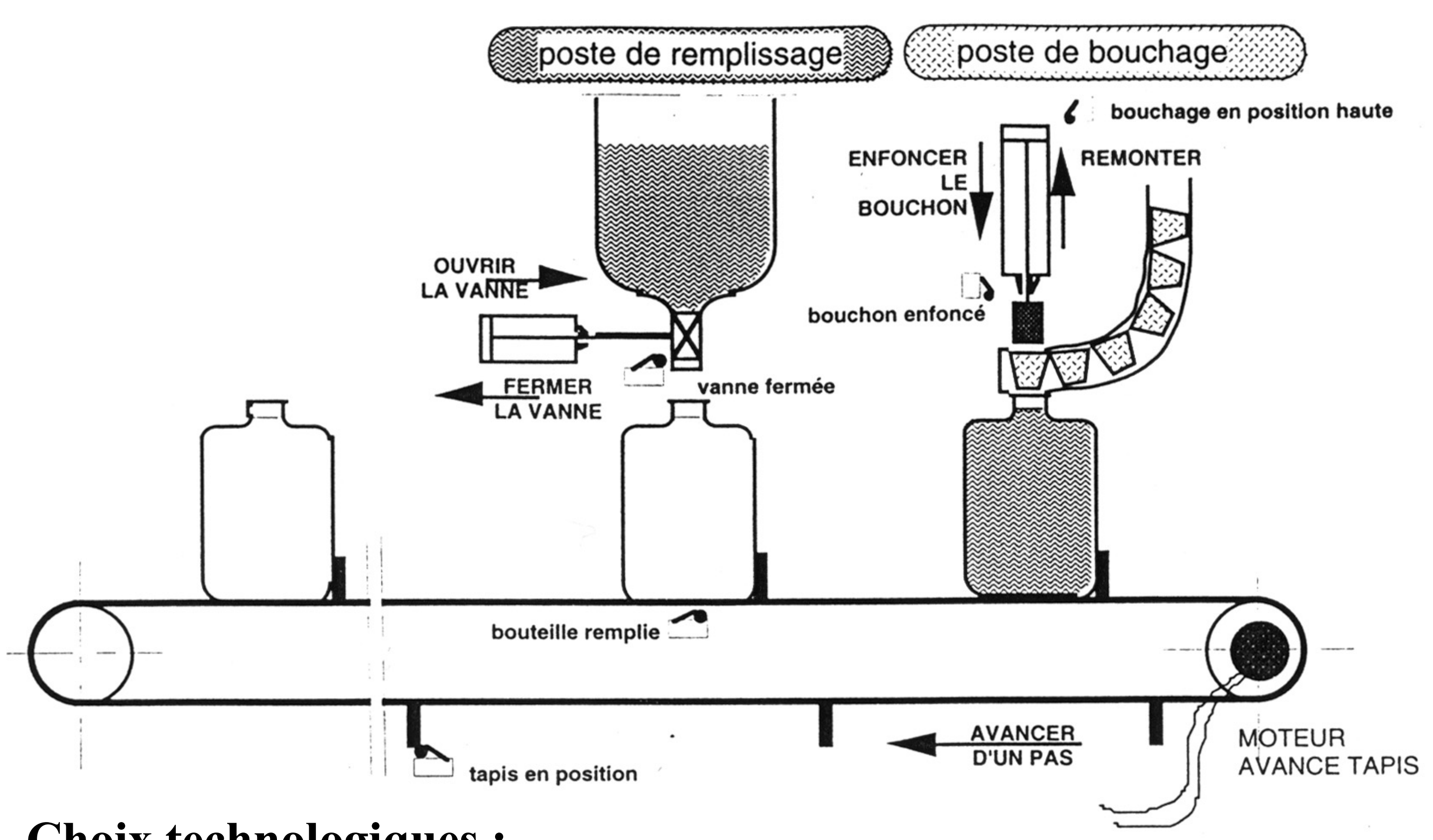


Figure 47. Structure hiérarchisée selon les modes de marches

APPLICATION N°2 : CHAINE DE REMPLISSAGE DE BOUTEILLES :

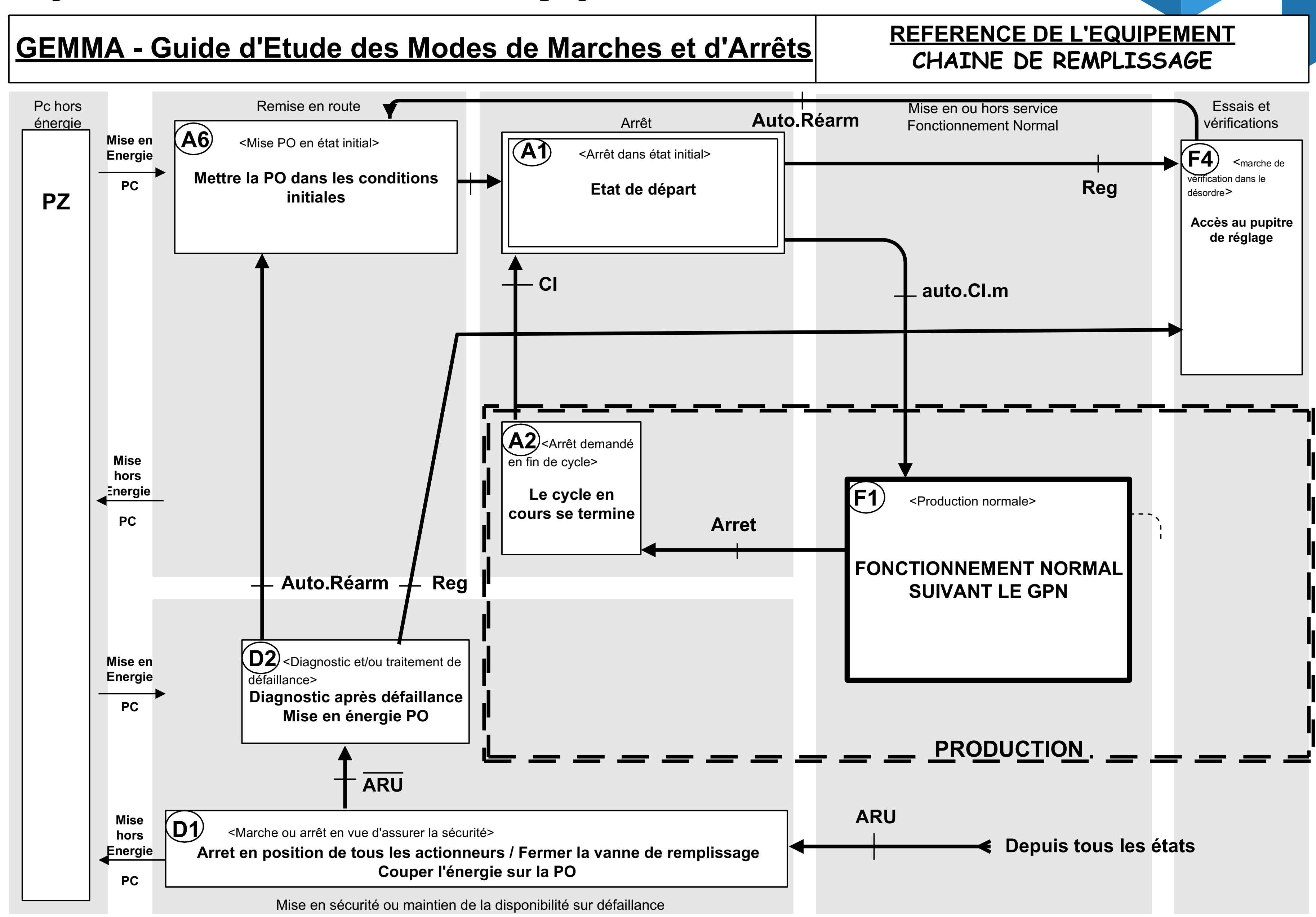


Choix technologiques :

- ✓ Alimentation 3 x 400 Volts + neutre + conducteur de protection ;
- ✓ Actionneurs électriques : Moteurs asynchrones triphasés ;
- ✓ Actionneurs pneumatiques : vérin simple effet pour l'ouverture de la vanne, vérin double effet pour la fonction « enfoncer le bouchon ».

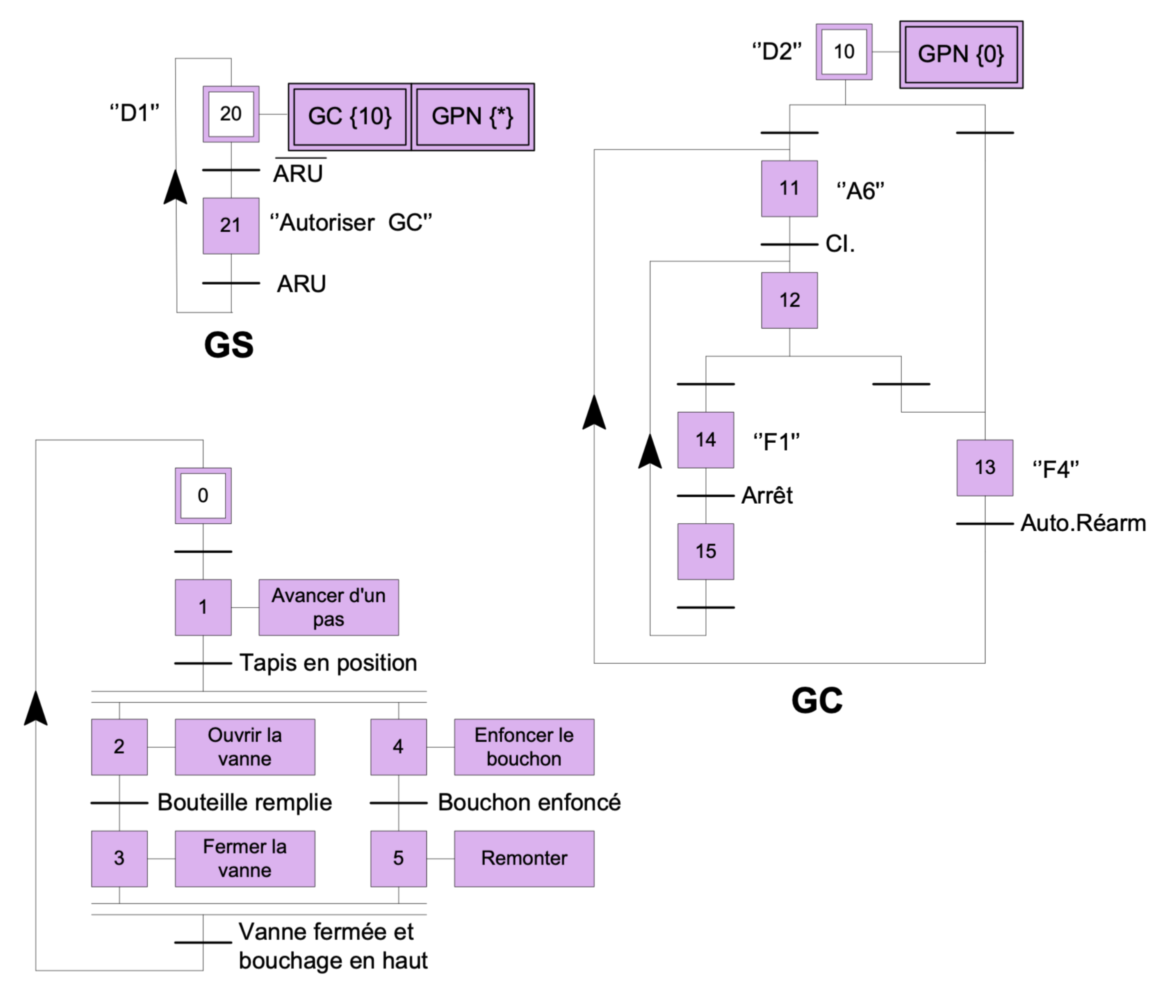
GEMMA :

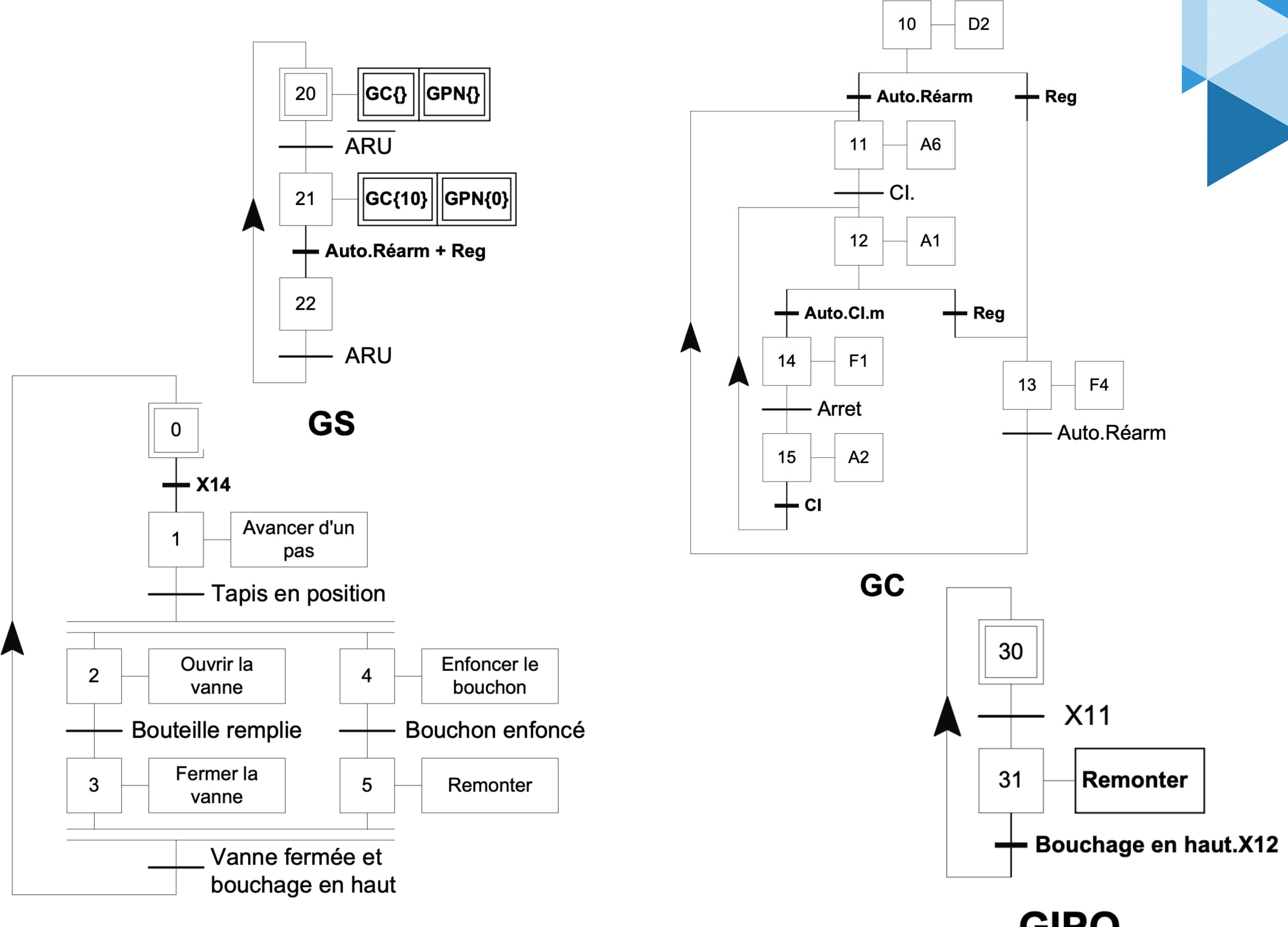
Le gemma de l'installation est donné page suivante.

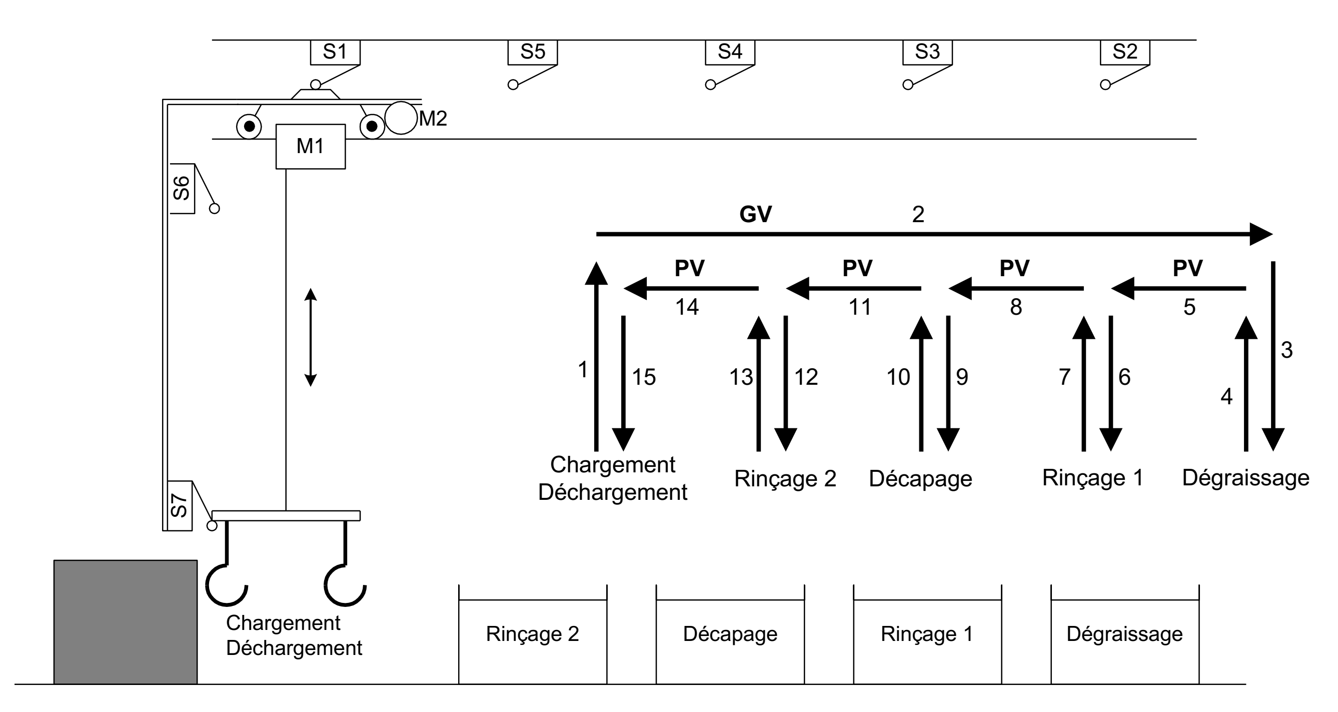


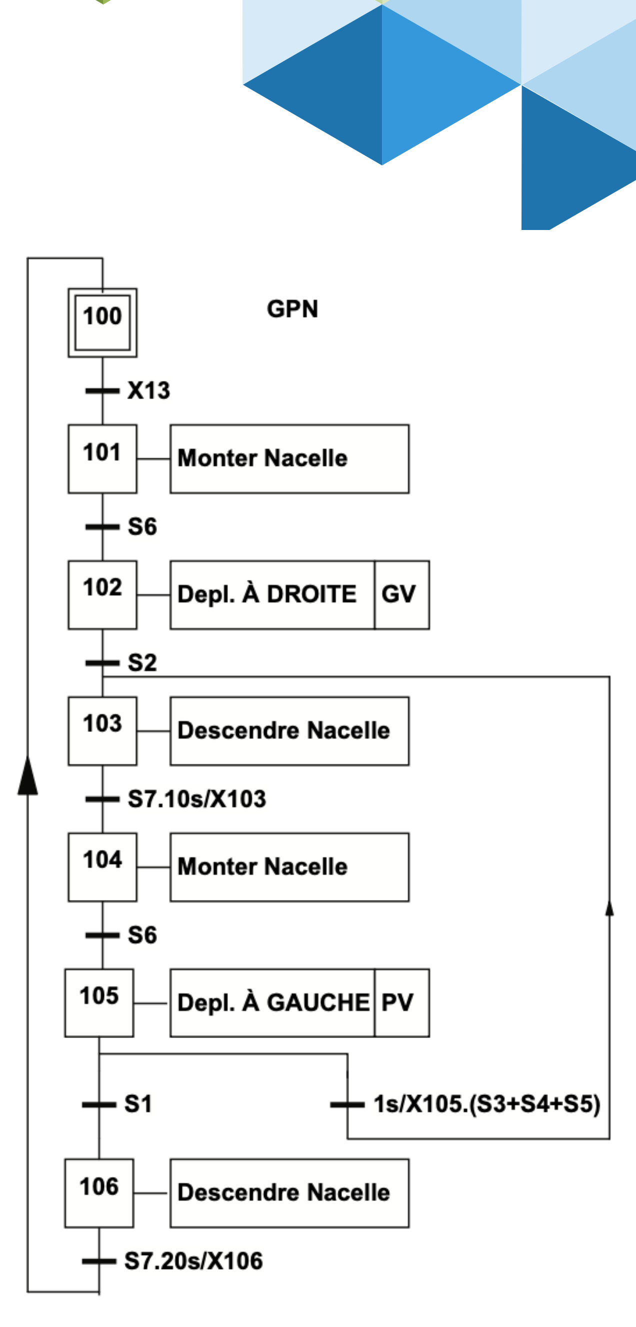
Travail demandé :

- Identifier sur le GEMMA la boucle de production normale, la boucle de réglage et la boucle de défaillance d'arrêt d'urgence ;
- Définir sous forme graphique le pupitre ;
- Compléter le grafcet de production normale GPN ;
- Compléter le grafcet de conduite GC ;
- Etablir le grafcet d'initialisation de la PO GIPO ;




20
GC{}
GPN{}
ARU
21
GC{10}
GPN{0}
Auto.Réarm + Reg
22
ARU
GS
0
X14
1
Avancer d'un pas
Tapis en position
2
Ouvrir la vanne
Bouteille remplie
3
Fermer la vanne
4
Enfoncer le bouchon
Bouchon enfoncé
5
Remonter
Vanne fermée et bouchage en haut
GPN
10
D2
Auto.Réarm
Reg
11
A6
Cl.
12
A1
Auto.Cl.m
Reg
14
F1
Arret
15
A2
Cl
13
F4
Auto.Réarm
GC
30
X11
31
Remonter
Bouchage en haut.X12
GIPO





Choix technologiques :

- ✓ Alimentation 3 x 400 Volts + neutre + conducteur de protection.
- ✓ Actionneurs : Moteurs asynchrones triphasés ;
- ✓ Capteurs de positions électromécaniques S1 à S7.

Cycle de production :

Les pièces à traiter sont Placées dans un panier par l'opérateur.



Modes de marches et d'arrêts :

En fonctionnement normal, l'opérateur dispose de 2 modes de marche : la marche manuelle et la marche automatique.

- ✓ **Marche manuelle :** l'opérateur peut choisir d'effectuer une marche manuelle en validant un commutateur 2 positions à clé sur le mode **MANU** et en appuyant sur un bouton poussoir de validation **VAL**. L'équipement est alors piloté par des boutons poussoir **S14** (droite), **S15** (gauche), **S16** (haut), **S17** (droite). Cette marche peut servir de réglage, pour la maintenance ou en cas de défaillance du système. Pour sortir de cette marche, il suffit de mettre le commutateur 2 positions à clé sur **AUTO** et d'appuyer sur **VAL**. Dans ce cas, il y retour de la nacelle au poste de chargement (initialisation de la PO).
- ✓ **Marche automatique :** ce choix est fait par l'intermédiaire du commutateur 2 positions à clé (**AUTO/MANU**) en position **AUTO**. Le départ du cycle est donné par une impulsion un bouton poussoir **DCY**. Si la nacelle est en position de chargement, le système effectue un cycle. Si la nacelle n'est pas en position de chargement, elle se met automatiquement en position chargement. A ce moment, une autre impulsion sur **DCY** est nécessaire pour lancer le cycle. A partir de cet état, il est possible d'arrêter le cycle par l'intermédiaire d'un bouton poussoir **ARRET**. Dans ce cas, le cycle en cours se termine, et une fois terminé, le système retrouve sa position initiale.



<u>Procédure de défaillance : arrêt d'urgence :</u>

En cas d'arrêt d'urgence, la procédure de défaillance est traitée de la façon suivante :

- Arrêt total si la nacelle est en position haute ;
- Arrêt total après remontée si la nacelle n'est pas en position haute.

Lorsque l'opérateur enlève l'arrêt d'urgence, il peut alors intervenir sur le système car celui-ci est figé.

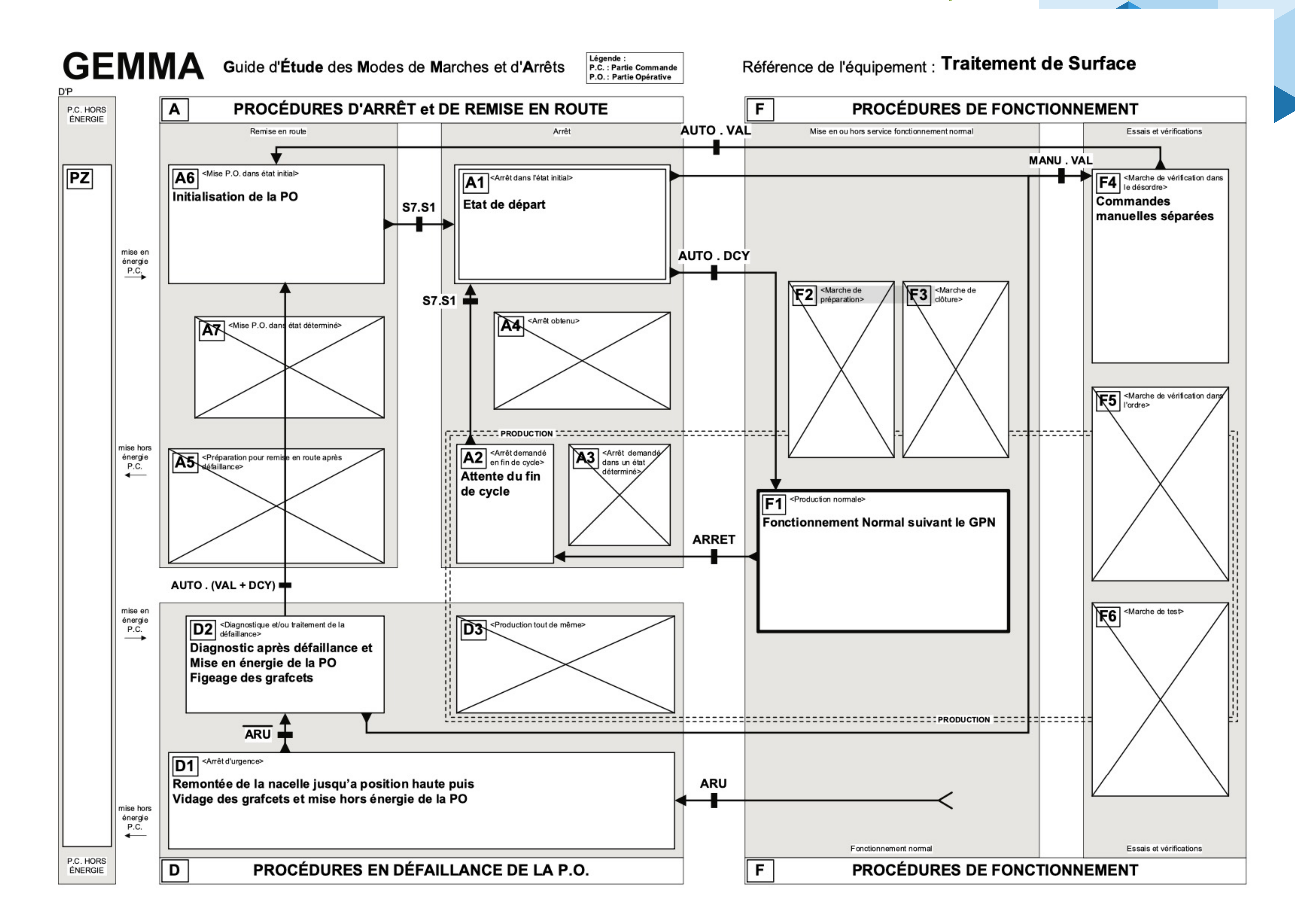
Ensuite, 2 modes de reprise lui sont proposés :

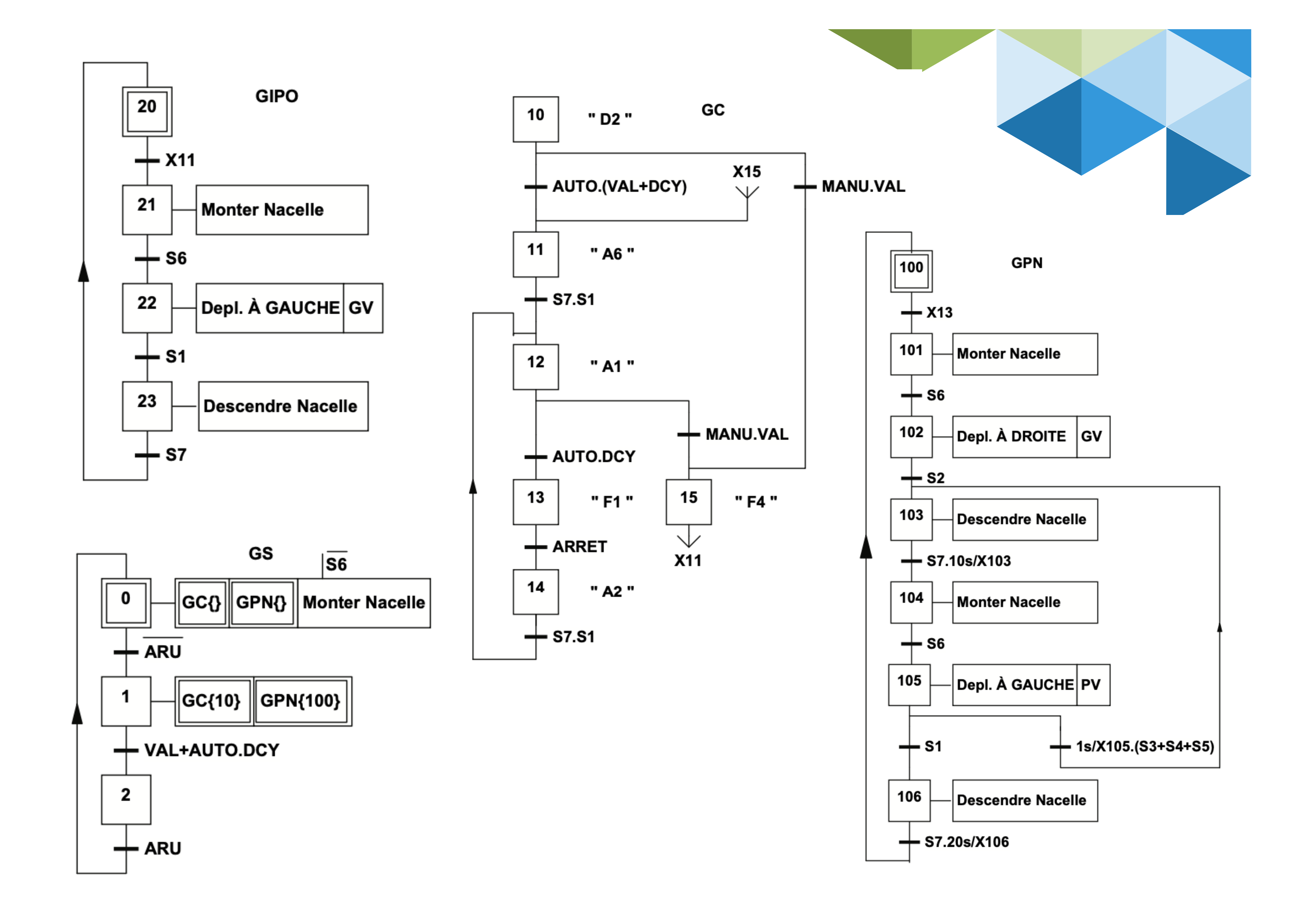
- Marche automatique si le commutateur 2 positions est sur la position **AUTO** et que l'opérateur appuie sur **VAL** : dans ce cas, une procédure de retour automatique est prévue.
- Marche manuelle si le commutateur 2 positions est sur la position **MANU** et que l'opérateur appuie sur **VAL.**

Travail demandé :

1) Compléter sur le GEMMA la boucle relative à la marche manuelle (boucle de réglage)
2) Etablir le grafcet d'initialisation de la PO GIPO
3) Compléter sur le GEMMA la boucle de défaillance d'arrêt d'urgence
4) Etablir le grafcet de production normale GPN
5) Etablir sur le GEMMA la boucle de production normale
6) Etablir le grafcet de la marche de préparation GPREPA
7) Etablir le grafcet de sécurité GS
8) Etablir le grafcet de conduite GC




GEMMA
Guide d'Étude des Modes de Marches et d'Arrêts
Légende :
P.C. : Partie Commande
P.O. : Partie Opérative
Référence de l'équipement : Traitement de Surface
D'P
P.C. HORS ÉNERGIE
PZ
A PROCÉDURES D'ARRÊT et DE REMISE EN ROUTE
Remise en route
Arrêt
F PROCÉDURES DE FONCTIONNEMENT
Mise en ou hors service fonctionnement normal
Essais et vérifications
AUTO . VAL
MANU . VAL
A6 <Mise P.O. dans état initial>
Initialisation de la PO
S7.S1
A1 <Arrêt dans l'état initial>
Etat de départ
F4 <Marche de vérification dans le désordre>
Commandes manuelles séparées
mise en énergie P.C.
AUTO . DCY
S7.S1
F2 <Marche de préparation>
F3 <Marche de clôture>
A7 <Mise P.O. dans état déterminé>
A4 <Arrêt obtenu>
F5 <Marche de vérification dans l'ordre>
PRODUCTION
mise hors énergie P.C.
A5 <Préparation pour remise en route après défaillance>
A2 <Arrêt demandé en fin de cycle>
Attente du fin de cycle
A3 <Arrêt demandé dans un état déterminé>
F1 <Production normale>
Fonctionnement Normal suivant le GPN
ARRET
AUTO . (VAL + DCY)
mise en énergie P.C.
D2 <Diagnostique et/ou traitement de la défaillance>
Diagnostic après défaillance et
Mise en énergie de la PO
Figeage des grafcets
D3 <Production tout de même>
F6 <Marche de test>
PRODUCTION
ARU
D1 <Arrêt d'urgence>
Remontée de la nacelle jusqu'a position haute puis
Vidage des grafcets et mise hors énergie de la PO
ARU
mise hors énergie P.C.
Fonctionnement normal
Essais et vérifications
P.C. HORS ÉNERGIE
D PROCÉDURES EN DÉFAILLANCE DE LA P.O.
F PROCÉDURES DE FONCTIONNEMENT


GIPO
20
X11
21
Monter Nacelle
S6
22
Depl. À GAUCHE
GV
S1
23
Descendre Nacelle
S7
GC
10
" D2 "
AUTO.(VAL+DCY)
X15
MANU.VAL
11
" A6 "
S7.S1
12
" A1 "
MANU.VAL
AUTO.DCY
13
" F1 "
15
" F4 "
ARRET
X11
14
" A2 "
S7.S1
GPN
100
X13
101
Monter Nacelle
S6
102
Depl. À DROITE
GV
S2
103
Descendre Nacelle
S7.10s/X103
104
Monter Nacelle
S6
105
Depl. À GAUCHE
PV
S1
1s/X105.(S3+S4+S5)
106
Descendre Nacelle
S7.20s/X106
GS
S6
0
GC{}
GPN{}
Monter Nacelle
ARU
1
GC{10}
GPN{100}
VAL+AUTO.DCY
2
ARU